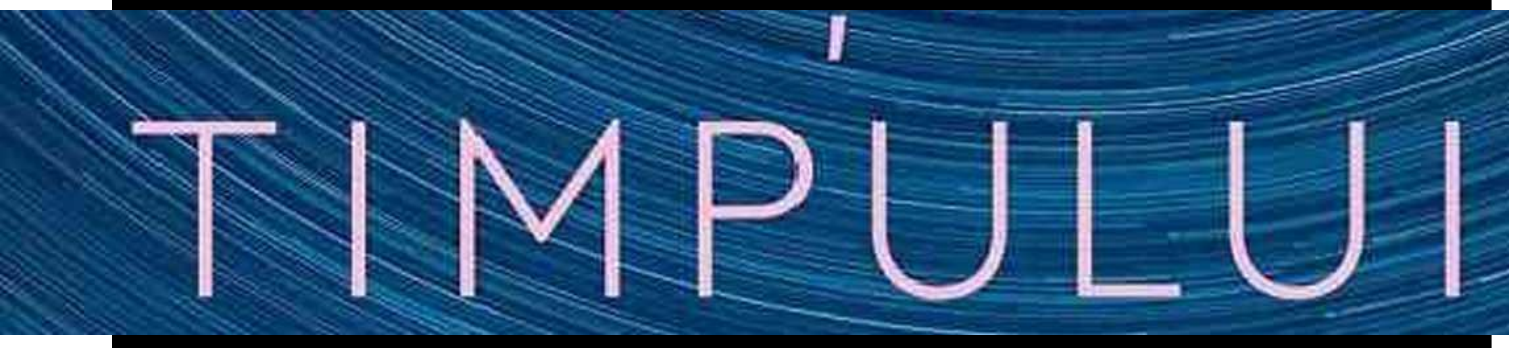
BESTSELLER *NEW YORK -TIMES*

W.

BRIAN GREENE

PÂNĂ LA



MINTE, MATERIE ŞI CĂUTAREA SEMNIFICAŢIEI

SFÂRŞITUL TIMPULUI

ÎNTR-UN UNIVERS ÎN EVOLUŢIE

EDITURA HUMANITÁS

Brian Greene (născut în 1963 la New York) a studiat la Universitatea Harvard, şi-a susţinut doctoratul la Oxford, iar în prezent e profesor de fizică şi matematică la Universitatea Columbia. Domeniul său de cercetare este teoria corzilor, în care a avut importante contribuţii. A devenit cunoscut publicului larg prin cărţile sale de popularizare a ştiinţei: *The Elegant Universe (Universul Elegant,* Humanitás, Bucureşti, 2008), *The Fabric of the Cosmos* şi *The Hidden Reality.* Greene a prezentat două miniserii premiate, realizate de NOVA şi bazate pe cărţile sale. Este cofondator al World Science Festival.

BRIAN GREENE

PÂNĂ LA SFÂRŞITUL TIMPULUI

MINTE, MATERIE ŞI CĂUTAREA SEMNIFICAŢIEI
ÎNTR-UN UNIVERS ÎN EVOLUŢIE

Traducere din engleză
de Walter Fotescu

Pentru Tracy

Prefaţă

„Mă ocup cu matematica fiindcă, odată ce ai demonstrat o teoremă, ea rămâne valabilă. Pentru totdeauna.”[1] Afirmaţia, simplă şi directă, m-a surprins. Eram student în anul al doilea când, vorbind cu vechi prieten care ani la rând mă învăţase multă matematică, i-am spus că scriam un text despre motivaţia umană pentru cursul de psihologie pe care îl urmam. Răspunsul lui a fost ca o revelaţie. Niciodată până atunci nu mă gândisem la matematică în aceşti termeni. Pentru mine, matematica era un minunat joc al preciziei abstracte, jucat de o comunitate aparte care se delecta cu şarade despre rădăcini pătrate sau împărţirea cu zero. Dar remarca lui m-a făcut brusc să înţeleg. *Da,* mi-am zis eu. *Acesta e romantismul matematicii.* Creativitatea constrânsă de logică şi de un set de axiome dictează modul în care ideile pot fi manipulate şi combinate pentru a dezvălui adevăruri imuabile. Orice triunghi dreptunghic desenat încă înainte de Pitagora şi până în veşnicie satisface faimoasa teoremă care-i poartă numele. Fără excepţii. Desigur, poţi să schimbi premisele şi să porneşti în explorarea unor tărâmuri noi, de pildă triunghiurile desenate pe o suprafaţă curbă, cum ar fi o

minge de baschet, care infirmă concluzia lui Pitagora. Dar fixează premisele, verifică-ţi cu grijă calculele, iar rezultatul tău poate fi dăltuit în piatră. Nu-i nevoie să escaladezi un vârf de munte, să străbaţi deşertul sau să învingi lumea subpământeană. Poţi sta confortabil la un birou şi să foloseşti hârtie, creion şi o minte pătrunzătoare pentru a crea ceva etern.

Perspectiva asta mi-a deschis lumea. Niciodată nu mă întrebasem *de ce* eram atât de profund atras de matematică şi fizică. Să rezolv probleme, să aflu cum e alcătuit universul – iată ce mă captivase dintotdeauna. Am căpătat acum convingerea că disciplinele acestea mă atrăgeau fiindcă ele se ridică deasupra naturii perisabile a cotidianului. Oricât de mult îmi vor fi exagerat angajamentul sensibilităţile mele juvenile, am fost deodată sigur că voiam să particip la călătoria spre nişte descoperiri atât de profunde, încât nu se vor schimba niciodată. Guvernele n-au decât să vină la putere şi să cadă, campionatele de baseball[1] să fie câştigate şi pierdute, legendele filmului, ale televiziunii şi ale scenei să apară şi să dispară. Eu voiam să-mi petrec viata încercând să întrevăd ceva transcendent.

*

Dar între timp trebuia să scriu acel eseu de psihologie. Tema era să dezvolt o teorie despre motivul pentru care oamenii fac ceea ce fac, dar, de fiecare dată când începeam să scriu, proiectul părea absolut

nebulos. Aveam impresia că dacă îmbraci nişte idei rezonabile în limbajul adecvat poţi construi teoria din mers. Am menţionat lucrul acesta seara în dormitor, iar unul dintre consilierii interni mi-a sugerat să arunc o privire pe cartea lui Oswald Spengler *Declinul Occidentului.* Istoric şi filozof german, Spengler avusese un interes statornic pentru matematică şi ştiinţă, fără îndoială motivul pentru care mi-a fost recomandată cartea lui.

Aspectele responsabile pentru faima şi desconsiderarea cărţii – predicţii despre implozia politică, o adeziune voalată la fascism – sunt tulburătoare şi au fost folosite de atunci pentru susţinerea unor ideologii insidioase, dar eu eram prea concentrat pe ceea ce căutam ca să observ ceva din toate astea. în schimb, m-a intrigat viziunea lui Spengler despre un set atotcuprinzător de principii capabile să dezvăluie tipare ascunse care se manifestă în culturi disparate, similare tiparelor articulate de analiza matematică şi geometria euclidiană, care transformaseră modul de înţelegere al fizicii şi matematicii.[2] Spengler vorbea pe limba mea. Era încurajator ca o lucrare de istorie să venereze matematica şi fizica drept un model al progresului. Dar a venit apoi o observaţie care m-a luat prin surprindere: „Omul este singura fiinţă care ştie că va muri; toate celelalte îmbătrânesc, dar conştiinţa lor e limitată exclusiv la clipa prezentă, care trebuie că li se pare eternă”, cunoaştere care insuflă

„frica esenţialmente umană în prezenţa morţii”. Spengler a conchis că „orice religie, orice cercetare ştiinţifică, orice filozofie pornesc de aici”.[3] îmi aduc aminte că am zăbovit asupra ultimului rând. Era aici o perspectivă asupra motivaţiei umane care mi s-a părut semnificativă. Poate că fascinaţia unei demonstraţii matematice constă în permanenţa ei. Poate că o lege a naturii atrage prin calitatea ei atemporală. Dar ce ne îndeamnă să urmărim atemporalul, să căutăm calităţile care pot dura veşnic? Poate că totul provine din conştiinţa noastră singulară că nu suntem deloc atemporali, că vieţile noastre nu sunt deloc veşnice. Rezonând cu noua mea concepţie despre matematică, fizică şi seducţia eternităţii, afirmaţia părea îndreptăţită. Era o abordare a motivaţiei umane bazată pe o reacţie plauzibilă la un lucru universal recunoscut. Nu era o abordare neîntemeiată.

Continuând să reflectez la această concluzie, ea părea să promită ceva şi mai grandios. Ştiinţa, după cum remarca Spengler, e un răspuns la cunoaşterea sfârşitului nostru inevitabil. La fel şi religia. La fel şi filozofia. Dar de ce să ne oprim aici? Potrivit lui Otto Rank, unul dintre primii discipoli ai lui Freud, care a fost fascinat de procesul creaţiei umane, cu siguranţă nu ar trebui. Artistul, în viziunea lui Rank, este cineva al cărui „impuls creator [...] încearcă să transforme viaţa efemeră în nemurire

personală”.[4] Jean-Paul Sartre a mers şi mai departe, remarcând că viaţa însăşi se goleşte de sens „atunci când pierzi iluzia de a fi etern”.[5] Prin urmare, sugestia, care-şi croieşte drum prin intermediul acestor gânditori şi a altora care au urmat, este că o mare parte din cultura umană – de la explorarea artistică la descoperirea ştiinţifică – e determinată de reflecţiile vieţii asupra propriei sale finitudini.

Ape adânci. Cine s-ar fi gândit că preocuparea pentru lucruri care ţin de matematică şi fizică va conduce la viziuni asupra unei teorii unificate a civilizaţiei umane determinată de bogata dualitate a vieţii şi morţii?

Inspir adânc şi îi aduc aminte vechiului meu eu din anul al doilea de facultate să nu se entuziasmeze prea tare. Totuşi, emoţia pe care am simţit-o s-a dovedit a nu fi doar un moment efemer de uimire intelectuală. în cele aproape patru decenii care au trecut de atunci, temele acestea, deseori mocnind undeva în culisele minţii, m-au însoţit mereu. Deşi munca mea de zi cu zi a urmărit teoriile unificate şi originile cosmice, meditând la semnificaţia mai largă a progreselor ştiinţifice, m-am surprins că revin în mod repetat la întrebările despre timp şi durata limitată care ne e dată fiecăruia. Prin pregătire şi temperament sunt sceptic în privinţa explicaţiilor universale – fizica e plină de eşecuri ale unor teorii de unificare a forţelor naturii –, cu atât

mai mult dacă ne aventurăm pe tărâmul complex al comportamentului uman. Am ajuns să cred că faptul de a fi conştient de sfârşitul meu inevitabil are o influenţă considerabilă, dar nu oferă o explicaţie completă pentru tot ceea ce fac. Bănuiesc că este o opinie larg împărtăşită. Există totuşi un domeniu în care tentaculele condiţiei noaste de muritori sunt

* deosebit de pregnante.

în toate epocile şi culturile, am atribuit permanenţei o valoare semnificativă. Şi am făcut-o în cele mai diverse moduri: unii caută adevărul absolut, alţii se străduiesc să lase o moştenire durabilă, unii construiesc monumente formidabile, alţii urmează legi imuabile, iar alţii se dedică cu fervoare unei versiuni sau alta a veşniciei. Eternitatea, aşa cum o demonstrează aceste preocupări, exercită o atracţie puternică asupra minţii conştiente că durata sa materială e limitată.

în epoca noastră, oamenii de ştiinţă, echipaţi cu instrumentele experimentului, observaţiei şi analizei matematice, au marcat un nou drum spre viitor, care a dezvăluit pentru prima oară trăsăturile proeminente ale încă îndepărtatului peisaj care ne aşteaptă. Deşi ascunsă ici-colo de negură şi ceaţă, panorama devine destul de clară pentru ca noi, făpturi cugetătoare, să putem întrezări mai bine decât oricând înainte modul cum ne încadrăm în vastitatea timpului.

în acest spirit vom parcurge istoria universului în paginile ce urmează, explorând principiile fizice care generează structuri ordonate, de la stele şi galaxii până la viaţă şi conştiinţă, într-un univers sortit descompunerii. Vom analiza argumente care stabilesc că, asemenea fiinţelor umane, fenomenele biologice şi mentale din univers au o durată de viaţă limitată. într-adevăr, de la un anumit punct, probabil că existenţa materiei organizate de orice tip nu va mai fi posibilă. Vom examina modul în care fiinţele autoreflexive fac faţă tensiunii implicate de aceste revelaţii. Suntem produsul unor legi care, din câte ştim, sunt atemporale, şi totuşi existenţa noastră este efemeră. Suntem călăuziţi de legi care acţionează fără a se preocupa de destinaţie, şi totuşi ne întrebăm mereu încotro ne îndreptăm. Suntem modelaţi de legi ce nu par să presupună vreo raţiune mai profundă, şi totuşi căutăm stăruitor o semnificaţie şi un scop.

Pe scurt, vom examina universul de la începutul timpului şi până la un presupus final, iar în decursul călătoriei vom vedea felul uimitor în care minţi

*

neobosite şi inventive au dezvăluit vremelnicia fundamentală a tuturor lucrurilor şi au reacţionat la ea.

în această explorare vom fi călăuziţi de perspectivele oferite de diverse discipline ştiinţifice. Prin analogii şi metafore, voi explica toate ideile necesare fără să

recurg la termeni tehnici, presupunând doar cunoştinţe de bază. Pentru conceptele deosebit de dificile, ofer scurte rezumate care vă permit să mergeţi mai departe fără a pierde firul. în notele finale explic aspectele mai subtile, clarific anumite detalii matematice şi ofer bibliografie şi sugestii pentru lecturi ulterioare.

Subiectul fiind vast, iar numărul de pagini limitat, am ales să evit digresiunile, zăbovind asupra anumitor aspecte pe care le consider esenţiale pentru a recunoaşte locul nostru în contextul cosmologic mai larg. Este o călătorie întemeiată pe ştiinţă, căreia omenirea îi conferă semnificaţie, şi sursa unei aventuri curajoase şi înălţătoare.

---

1. în original World Series, cea mai importantă competiţie de baseball din SUA, disputată în fiecare octombrie, începând din 1903, între câştigătoarele celor două ligi profesioniste majore – American League şi Naţional League (n. tr.).

1. SEDUCŢIA ETERNITĂŢII

începuturi, sfârşituri şi dincolo de ele

Mai devreme sau mai târziu, tot ce trăieşte va muri. Timp de peste trei miliarde de ani, pe măsură ce specii simple şi complexe şi-au găsit locul în ierarhia Pământului, coasa morţii a aruncat o umbră persistentă asupra înfloririi vieţii. Diversitatea a sporit când viaţa a ieşit din ocean, a păşit pe uscat şi şi-a luat zborul spre cer. Dar, cu timpul, registrul naşterilor şi al morţilor, având mai multe înscrieri decât numărul stelelor din galaxie, se va echilibra cu o precizie imparţială. Cursul oricărei vieţi e imprevizibil, dar soarta ei finală este o concluzie certă.

Şi totuşi, de finalul acesta fatidic, inevitabil ca apusul Soarelui, se pare că numai noi, oamenii, ne dăm seama. Cu mult înainte de apariţia noastră, tunetul norilor de furtună, puterea dezlănţuită a vulcanilor, zguduiturile cutremurelor de pământ cu siguranţă au pus pe fugă tot ce avea puterea să fugă. Dar goana aceasta e o reacţie instinctivă la un pericol iminent. Majoritatea fiinţelor vii trăiesc în clipa prezentă, frica lor e produsă de percepţia nemijlocită. Numai noi putem să reflectăm asupra trecutului îndepărtat, să ne imaginăm viitorul şi să conştientizăm

întunericul care ne aşteaptă.

E înfricoşător. Nu e genul de spaimă care te face să tresari sau s-o iei la goană. E mai curând o presimţire care sălăşluieşte tăcută în noi, pe care învăţăm s-o reprimăm, s-o acceptăm, s-o tratăm cu uşurinţă. Dar sub straturile care-l ascund se află realitatea omniprezentă şi tulburătoare a ceea ce ne aşteaptă, o cunoaştere pe care William James a numit-o „viermele din miezul tuturor surselor noastre obişnuite de bucurie”.[1] A munci şi a ne juca, a aspira şi a lupta, a tânji şi a iubi, toate acestea ne leagă tot mai strâns în urzeala vieţilor pe care le împărtăşim. Iar ca apoi toate să dispară, pentru a-l parafraza pe Steven Wright[2], e de-ajuns să te înspăimânţi pentru a fi pe jumătate mort. Mori de două ori.

Fireşte, de dragul sănătăţii mintale, cei mai mulţi dintre noi evităm obsesia sfârşitului. Umblăm prin lume preocupaţi de treburi lumeşti. Acceptăm inevitabilul şi ne îndreptăm energia către alte lucruri. Recunoaşterea faptului că timpul nostru e finit ne însoţeşte însă mereu, influenţând hotărârile pe care le luăm, provocările pe care le acceptăm, căile pe care le urmăm. După cum spunea antropologul Ernest Becker, suntem supuşi unei tensiuni existenţiale constante, atraşi spre cer de o conştiinţă care se poate avânta la înălţimile unor Shakespeare, Beethoven şi Einstein, dar priponiţi de pământ de o formă fizică ce se va descompune în pulbere. „Omul e literalmente scindat în

două: el are conştiinţa splendidei sale unicităţi prin aceea că se detaşează de natură cu o măreţie semeaţă, dar, cu toate acestea, se întoarce în ţărână pentru ca, orb şi mut, să putrezească şi să dispară pentru totdeauna."[2] Potrivit lui Becker, conştientizarea aceasta ne îndeamnă să negăm capacitatea morţii de a ne nimici. Unii îşi potolesc anxietatea existenţială prin devotamentul faţă de familie, o echipă, o mişcare socială, o religie, o naţiune – constructe care vor dăinui mai mult decât timpul hărăzit individului pe pământ. Alţii lasă în urmă expresii creatoare, artefacte care extind durata prezenţei lor în mod simbolic. „Zburăm spre Frumuseţe", a spus Emerson, „ca spre un refugiu în faţa spaimelor naturii finite".[3] Iar alţii caută să învingă moartea prin biruinţe sau cuceriri, ca şi cum prestigiul, puterea şi bogăţia ar asigura o imunitate inaccesibilă muritorilor de rând.

De-a lungul mileniilor, o consecinţă a fost fascinaţia larg răspândită pentru toate lucrurile, reale sau imaginare, care au legătură cu veşnicia. De la profeţii despre viaţa de apoi la învăţăturile despre reîncarnare şi la invocarea mandalelor măturate de vânt, am dezvoltat strategii prin care să înfruntăm cunoaşterea nepermanenţei noastre şi, deseori cu speranţă, uneori cu resemnare, să facem semn eternităţii. Ce e nou în epoca noastră este remarcabila putere a ştiinţei de a spune o poveste raţională nu numai despre trecut, până la big bang, ci şi

despre viitor. Eternitatea propriu-zisă va rămâne poate mereu inaccesibilă ecuaţiilor noastre, dar analizele au arătat deja că universul pe care îl cunoaştem e vremelnic. De la planete la stele, de la sisteme solare la galaxii, de la găuri negre la nebuloase rotitoare, nimic nu e veşnic. într-adevăr, din câte ştim, nu doar fiecare viaţă individuală e finită, ci şi viaţa însăşi. Planeta Pământ, pe care Cari Sagan a numit-o „un fir de praf suspendat pe o rază de soare”, este o floare efemeră într-un cosmos desăvârşit care va sfârşi sterp. Firele de praf, apropiate sau îndepărtate, dansează în razele de soare doar o clipă.

Şi totuşi, aici, pe Pământ, am marcat clipa noastră cu fapte uimitoare de cunoaştere, creativitate şi ingeniozitate de fiecare dată când o nouă generaţie a dus mai departe realizările înaintaşilor, încercând să lămurim originea tuturor lucrurilor, căutând coerenţă în destinul lor şi tânjind după un răspuns la întrebarea de ce toate acestea contează.

Aceasta e povestea din cartea de faţă.

Poveşti despre aproape orice

Suntem o specie care se desfată cu poveşti. Observăm realitatea, sesizăm tipare şi le asociem în naraţiuni capabile să captiveze, să informeze, să surprindă, să amuze şi să emoţioneze. Pluralul – naraţiuni – este absolut esenţial. în biblioteca gândirii umane nu există un singur volum unificat care să transmită

cunoaşterea ultimă. în schimb, am scris numeroase poveşti specializate care sondează diverse domenii ale cercetării şi experienţei umane: altfel spus, poveşti care analizează tiparele realităţii folosind diferite gramatici şi vocabulare. Protonii, neutronii, electronii şi celelalte particule ale naturii sunt esenţiale pentru a spune povestea reducţionistă, pentru a analiza substanţa realităţii, de la planete la Picasso, în termenii constituenţilor lor microfizici. Metabolism, replicare, mutaţie şi adaptare sunt termeni esenţiali pentru a spune povestea apariţiei şi dezvoltării vieţii prin analiza funcţiilor biochimice ale unor molecule remarcabile şi a celulelor pe care le guvernează. Neuronii, informaţia, gândirea şi conştiinţa sunt esenţiale pentru povestea minţii – iar odată cu aceasta naraţiunile proliferează: de la mit la religie, de la literatură la filozofie, de la artă la muzică, ele vorbesc despre lupta omenirii pentru supravieţuire, voinţa de a înţelege, imboldul către exprimare şi căutarea semnificaţiei.

Toate acestea sunt poveşti în desfăşurare, elaborate de gânditori proveniţi din cele mai diverse discipline. Lucru de înţeles. O saga care se extinde de la cuarci la conştiinţă este o cronică voluminoasă. Dar diferitele poveşti se întrepătrund. *Don Quijote* se adresează aspiraţiilor eroice ale omenirii, prin intermediul fragilului Alonso Quijano, un personaj creat în imaginaţia lui Miguel de

Cervantes, un ansamblu de oase, ţesuturi şi celule trăind, respirând, gândind, percepând şi simţind, care în timpul vieţii a întreţinut procese organice de transformare a energiei şi excreţie a reziduurilor, care la rândul lor s-au bazat pe mişcări atomice şi moleculare perfecţionate în miliarde de ani de evoluţie, pe o planetă făurită din resturile exploziilor de supernovă împrăştiate într-un domeniu al spaţiului apărut în urma big bang-ului. Dar a citi tribulaţiile lui Don Quijote înseamnă a dobândi o înţelegere a naturii umane care ar rămâne opacă dacă ar fi inclusă într-o descriere a mişcărilor moleculelor şi atomilor cavalerului rătăcitor, sau transmisă printr-o expunere detaliată a proceselor neuronale care au scăpărat în mintea lui Cervantes în timpul scrierii romanului. Deşi cu siguranţă legate între ele, diferitele poveşti, spuse în limbaje diferite şi concentrându-se asupra unor nivele diferite ale realităţii, oferă perspective extrem de diferite.

Poate că într-o zi vom fi în măsură să trecem de la o poveste la alta fără discontinuităţi, legând între ele toate produsele minţii umane, reale şi fictive, ştiinţifice şi imaginare. Poate că într-o zi vom invoca o teorie a ingredientelor specifice pentru a explica viziunea copleşitoare a unui Rodin şi multitudinea de reacţii pe care le suscită în privitori *Burghezii din Calais*.- Poate că vom înţelege pe deplin cum ceva aparent mundan, o licărire de lumină reflectată de

o farfurie ce se-nvârte, poate dospi în mintea puternică a unui Richard Feynman, îndemnându-l să rescrie legile fundamentale ale fizicii. încă şi mai ambiţios, poate că într-o zi vom înţelege atât de complet modul cum funcţionează mintea şi materia, încât totul va fi explicat, de la găurile negre la Beethoven, de la stranietatea cuantică la Walt Whitman. Fără a poseda măcar pe departe acea capacitate, avem totuşi mult de câştigat prin imersiunea în aceste poveşti – ştiinţifice, creative, imaginative – înţelegând când şi cum au apărut ele din poveşti mai vechi, desfăşurate la scara timpului cosmic, şi urmărind evoluţiile, controversate sau concludente, care au conferit fiecăreia statutul de explicaţie proeminentă.[4]

în întreaga colecţie de poveşti vom observa în mod clar două forţe care-şi împart rolul personajului principal. în capitolul 2 o vom întâlni pe prima dintre ele: *entropia.* Deşi familiară multora prin asocierea sa cu dezordinea şi cu afirmaţia deseori citată că dezordinea creşte întotdeauna, entropia are proprietăţi subtile care permit sistemelor fizice să evolueze în cele mai diverse moduri, uneori părând chiar să înoate împotriva curentului entropie. Vom vedea exemple importante în acest sens în capitolul 3: în urma big bang-ului, sfidând în aparenţă tendinţa spre dezordine, particulele evoluează în structuri organizate precum stele, galaxii şi planete – şi finalmente în

configuraţii materiale însufleţite de curentul vieţii. întrebându-ne cum s-a pus în mişcare acel curent, ajungem la a doua influenţă universală: *evoluţia.*

Deşi este principala forţă motrice a transformărilor treptate pe care le suferă sistemele vii, evoluţia prin selecţie naturală a apărut cu mult înainte ca primele forme de viaţă să înceapă a concura. în capitolul 4 vom întâlni molecule în conflict cu alte molecule, lupte pentru supravieţuire purtate într-o arenă a materiei neînsufleţite. Runde succesive de darwinism molecular, cum e numită o asemenea bătălie chimică, probabil că au produs configuraţii tot mai robuste, iar în cele din urmă prima acumulare de molecule pe care am recunoaşte-o drept viaţă. Detaliile fac obiectul cercetării ştiinţifice de vârf, dar, graţie progreselor uimitoare din ultimele două decenii, avem încredere că suntem pe calea cea bună. într-adevăr, pesemne că forţele duale ale entropiei şi evoluţiei sunt parteneri potriviţi pe drumul spre apariţia vieţii. Deşi poate părea o asociere ciudată – entropia e acuzată că tinde spre haos, în aparenţă antiteza evoluţiei sau a vieţii –, analize matematice recente ale entropiei sugerează că viaţa, sau cel puţin unele însuşiri atribuite vieţii, ar putea fi produsul *previzibil* al unei surse de energie de lungă durată, precum Soarele, care revarsă neobosit căldură şi lumină asupra unor ingrediente moleculare concurând pentru resursele limitate

disponibile pe o planetă precum Pământul.

Oricât de speculative ar fi în momentul de faţă unele dintre aceste idei, cert este că, la aproximativ un miliard de ani după alcătuirea sa, Pământul era plin cu forme de viaţă care se dezvoltau sub presiunea evoluţiei, astfel încât faza următoare corespunde darwinismului standard. Evenimente întâmplătoare, precum impactul unei raze cosmice sau o eroare moleculară survenită în timpul replicării ADN-ului, produc mutaţii aleatorii, dintre care unele au impact minim asupra sănătăţii sau bunăstării organismului, pe când altele îl fac mai apt sau mai puţin apt în competiţia pentru supravieţuire. Acele mutaţii care sporesc aptitudinea e mai probabil să fie transmise descendenţilor, sensul expresiei „mai apt” fiind că purtătorul respectivei însuşiri are şanse mai mari să supravieţuiască până la maturitatea reproductivă şi să producă urmaşi apţi. însuşirile care sporesc aptitudinea se răspândesc astfel mult de la o generaţie la alta.

După miliarde de ani în care acest proces îndelungat a continuat să se desfăşoare, o succesiune specială de mutaţii a înzestrat unele forme de viaţă cu o capacitate cognitivă sporită. Unele dintre ele nu doar că au devenit conştiente, dar au devenit conştiente că sunt conştiente. Altfel spus, unele forme de viaţă au dobândit conştiinţă de sine. Asemenea fiinţe autoreflexive s-au întrebat în mod firesc ce e conştiinţa şi

cum a apărut ea: Cum poate un vârtej de materie lipsită de minte să gândească şi să simtă? Diverşi cercetători, aşa cum vom vedea în capitolul 5, anticipează o explicaţie mecanicistă. Ei susţin că trebuie să înţelegem creierul – componentele sale, funcţiile sale, conexiunile sale – cu o precizie mult mai mare decât în prezent, dar că, odată ce vom poseda acea cunoaştere, din ea va decurge o explicaţie a conştiinţei. Alţii prevăd că ne găsim în faţa unei provocări mult mai mari: conştiinţa, susţin ei, este cea mai dificilă enigmă cu care ne-am confruntat vreodată, şi va necesita perspective radical noi nu doar asupra minţii, dar şi asupra naturii realităţii.

Opiniile converg în evaluarea impactului pe care sofisticarea noastră cognitivă l-a avut asupra repertoriului nostru comportamental. în Pleistocen, pe durata a zeci de mii de generaţii, strămoşii noştri s-au asociat în grupuri care au subzistat prin vânătoare şi cules. Cu timpul, o dexteritate mentală în creştere le-a asigurat capacităţi sporite de a planifica, a organiza, a comunica, a transmite cunoştinţe, a evalua, a judeca şi a rezolva probleme. Făcând uz de aceste abilităţi mai mari ale individului, grupurile au exercitat forţe comunitare tot mai influente. Ceea ce ne duce la următorul set de episoade explicative, cele concentrate asupra evoluţiilor care au făcut din noi ceea ce suntem. În capitolul 6 vom examina felul în care am dobândit

limbajul şi obsesia ulterioară a povestitului; capitolul 7 se ocupă de un anumit gen de poveşti, cele care prevestesc şi fac tranziţia spre tradiţiile religioase; iar în capitolul 8 explorăm căutarea de lungă durată şi larg răspândită a expresiei creatoare.

în căutarea originii acestor evoluţii, comune sau sacre, cercetătorii au invocat o gamă largă de explicaţii. Pentru noi, o lumină călăuzitoare esenţială va continua să fie evoluţia darwinistă, aplicată de data aceasta comportamentului uman. La urma urmei, creierul este doar o structură biologică ce evoluează prin intermediul presiunilor selecţiei, şi el este cel care dispune ce să facem şi cum să reacţionăm. în ultimele câteva decenii, oamenii de ştiinţă cognitivişti şi psihologii evoluţionişti au dezvoltat această perspectivă, stabilind că, la fel ca o mare parte a biologiei noastre, şi comportamentul nostru a fost modelat de forţele selecţiei darwiniste. Şi astfel, în călătoria noastră prin cultura umană, ne vom întreba adesea dacă cutare sau cutare comportament a putut spori şansele de supravieţuire şi reproducere în rândurile celor care l-au practicat cu mult timp în urmă, favorizându-i răspândirea în generaţiile descendenţilor. Spre deosebire însă de degetul mare opozabil sau de mersul în poziţie verticală – trăsături fiziologice moştenite strâns legate de comportamente adaptative specifice –, multe caracteristici moştenite ale

creierului modelează predilecţii mai degrabă decât acţiuni finale. Suntem influenţaţi de aceste predispoziţii, dar activitatea umană e rezultatul combinării tendinţelor comportamentale cu minţile noastre complexe, deliberative şi autoreflexive.

în felul acesta, o a doua lumină călăuzitoare, distinctă, dar nu mai puţin importantă, va fi proiectată asupra vieţii interioare care însoţeşte capacităţile noastre cognitive sofisticate. Urmând un traseu marcat de mulţi gânditori, vom ajunge la o perspectivă revelatoare: cunoaşterea umană ne-a pus la dispoziţie o forţă puternică, una care, cu trecerea timpului, a făcut din noi specia dominantă în lume. Dar aceleaşi facultăţi mentale care ne permit să formăm, să modelăm şi să inovăm risipesc miopia care altminteri ne-ar menţine concentraţi exclusiv asupra prezentului. Abilitatea de a manipula cu chibzuinţă mediul oferă capacitatea de a ne schimba perspectiva, de a transcende temporalitatea, pentru a contempla ceea ce a fost şi a imagina ceea ce va fi. Oricât ne-am dori să fie altfel, a ajunge la „gândesc, deci exist” atrage inevitabil replica „exist, deci voi muri”.

Să înţelegi acest lucru e cel puţin deconcertant, dar cei mai mulţi dintre noi îl acceptă. Iar supravieţuirea noastră ca specie atestă că şi semenii noştri au fost în stare să-l accepte. Dar cum reuşim?[5] Potrivit unei direcţii de gândire, spunem iar şi iar poveşti în care locul nostru într-

un univers vast migrează spre scena centrală, iar posibilitatea nimicirii noastre permanente e combătută sau ignorată – ori, simplu spus, nu e luată în calcul. Făurim opere de artă în pictură, sculptură, mişcare şi muzică, în care preluăm controlul creaţiei şi ne investim cu puterea de a triumfa asupra tuturor lucrurilor finite. Concepem eroi, de la Hercule la Sir Gawain şi la Hermione[4], care desfid moartea cu o voinţă de fier şi demonstrează, chiar dacă la modul fantezist, că o putem învinge. Dezvoltăm ştiinţa, care ne oferă cunoştinţe despre mecanismele realităţii, pe care le transformăm în puteri rezervate de generaţiile anterioare doar zeilor. Pe scurt, ne putem bucura de capacitatea cognitivă – subtilitatea gândirii deşi ea ne dezvăluie, între multe altele, dilema noastră existenţială. Graţie capacităţilor noastre creatoare ne-am dezvoltat defensive formidabile împotriva a ceea ce altminteri ar fi fost o angoasă debilitantă.

în orice caz, dat fiind că motivele nu se fosilizează, identificarea originilor comportamentului uman poate fi o sarcină dificilă. Poate că incursiunile noastre creatoare, de la cerbii din peştera Lascaux la ecuaţiile relativităţii generale, sunt rezultatul capacităţii creierului, obţinută prin selecţie naturală, dar extrem de activă, de a detecta şi a organiza în mod coerent tipare. Poate că preocupările acestea şi altele similare sunt

subprodusele, minunate, dar inutile pentru adaptare, ale unui creier suficient de mare, eliberat de grija permanentă pentru asigurarea adăpostului şi subzistenţei. După cum vom vedea, teoriile abundă, dar concluziile incontestabile sunt vagi. Neîndoielnic este faptul că imaginăm, creăm şi percepem opere, de la piramide la *Simfonia a IX-a* şi la mecanica cuantică, monumente ale ingeniozităţii umane a căror durabilitate, dacă nu şi conţinut, vizează permanenţa.

Iar astfel, după ce vom fi examinat originile cosmice, după ce vom fi explorat formarea atomilor, stelelor şi planetelor şi după ce vom fi parcurs apariţia vieţii, a conştiinţei şi a culturii, ne vom îndrepta privirile spre tărâmul care timp de milenii, la propriu şi la figurat, a stimulat şi totodată a domolit anxietatea noastră cosmică. Vom privi, altfel spus, de aici până în eternitate.

Informaţie, conştiinţă şi eternitate

Eternitatea va fi un timp foarte lung. O mulţime de lucruri se vor întâmpla pe parcurs. Futurişti cu sufletul la gură şi filme SF spectaculoase îşi imaginează cum vor fi viaţa şi civilizaţia după intervale de timp care, deşi semnificative potrivit standardelor umane, pălesc în comparaţie cu duratele cosmice. A extrapola de la o scurtă perioadă de inovaţie tehnologică exponenţială la evoluţii viitoare e o ocupaţie distractivă, dar probabil că asemenea predicţii diferă profund de modul cum vor decurge lucrurile în

realitate. Iar aceasta pe durate relativ familiare de decenii, secole şi milenii. La scara timpului cosmic, a prezice genul acesta de amănunte este o tentativă zadarnică. Din fericire, pentru majoritatea lucrurilor pe care le vom explora aici, ne vom găsi pe un teren mai ferm. Intenţia mea e să zugrăvesc viitorul universului în culori bogate, dar numai în liniile cele mai generale. Iar la acest nivel al detaliilor, putem reprezenta posibilităţile cu un grad de încredere rezonabil.

Este esenţial să recunoaştem că a lăsa o amprentă asupra unui viitor când nu va mai exista nimeni care s-o observe oferă prea puţină consolare emoţională. Viitorul pe care tindem să ni-l imaginăm, fie şi numai implicit, e populat cu genul de lucruri de care ne pasă. Cu siguranţă că evoluţia va face ca viaţa şi mintea să adopte o bogăţie de forme susţinute de o gamă largă de platforme – biologice, numerice, hibride şi cine mai ştie ce altceva. Dar, indiferent de detaliile imprevizibile ale compoziţiei fizice sau ale cadrului ambiental, cei mai mulţi dintre noi ne imaginăm că în viitorul extrem de îndepărtat un tip oarecare de viaţă, şi în mod special viaţa inteligentă, va exista şi va gândi.

Iar astfel ajungem la o întrebare care ne va însoţi în tot cursul călătoriei: Gândirea conştientă poate dăinui nedefinit? Sau poate că mintea gânditoare, la fel ca tigrul tasmanian[5] sau ciocănitoarea cu cioc de fildeş[2], este ceva sublim care prosperă pentru un timp, dar apoi dispare? Nu mă

refer la o conştiinţă individuală, prin urmare întrebarea nu are nimic de- a face cu nişte tehnologii râvnite – criogenice, digitale sau de alt fel – capabile să păstreze o minte anume. în schimb, mă întreb dacă fenomenul gândirii, susţinut de un creier omenesc, de un computer inteligent, de particule corelate cuantic plutind în spaţiul vid, sau de orice alt proces fizic care se dovedeşte relevant, poate dăinui arbitrar de mult timp în viitor.

De ce n-ar putea? Ei bine, să ne gândim la întruparea umană a gândirii. Ea apare în legătură cu un set întâmplător de condiţii de mediu care explică de ce, de exemplu, gândirea noastră are loc aici, şi nu pe planeta Mercur sau pe cometa Halley. Gândim aici, fiindcă aici condiţiile sunt favorabile vieţii şi gândirii, de aceea schimbările nocive ale climei Pământului sunt atât de îngrijorătoare. Nu este însă deloc evident că există o versiune cosmică a unor astfel de preocupări importante, dar particulare. Concepând gândirea ca pe un proces fizic (presupunere pe care o vom examina), nu e surprinzător că ea poate avea loc doar atunci când sunt întrunite anumite condiţii de mediu stringente, pe Pământ acum, sau altundeva în spaţiu şi timp. Prin urmare, examinând evoluţia în linii mari a universului, vom determina dacă condiţiile de mediu variabile în timp şi spaţiu pot susţine indefinit viaţa inteligentă.

Evaluarea va fi călăuzită de cunoştinţe

din domeniile particulelor elementare, astrofizicii şi cosmologiei, care ne permit să prezicem cum va evolua universul pe durate incomparabil mai lungi decât cea scursă de la big bang. Există, desigur, incertitudini semnificative, şi asemenea majorităţii oamenilor de ştiinţă accept posibilitatea că natura ne va pedepsi orgoliul dezvăluind surprize deocamdată insondabile. Dar bizuindu-ne pe ceea ce am măsurat, am observat şi am calculat, ce vom afla, aşa cum e expus în capitolele 9 şi 10, nu este încurajator. Planetele şi stelele, sistemele solare şi galaxiile, chiar şi găurile negre, sunt vremelnice. Sfârşitul fiecăreia e determinat de propria sa combinaţie distinctă de procese fizice, implicând de la mecanica cuantică la relativitatea generală, pentru ca în cele din urmă să rămână doar o ceată de particule în derivă într-un cosmos rece şi tăcut.

Ce se va întâmpla cu gândirea conştientă într-un univers care suferă o asemenea transformare? Limbajul pentru a pune şi a răspunde la această întrebare îl oferă din nou entropia. Şi urmând pista entropică vom întâlni posibilitatea ca însuşi actul gândirii, săvârşit de orice tip de entitate oriunde, să fie zădărnicit de o inevitabilă acumulare de deşeuri ambientale: în viitorul îndepărtat, orice entitate care gândeşte ar putea fi mistuită de căldura generată de propriile-i gânduri. Gândirea însăşi ar putea să devină o imposibilitate fizică.

Deşi argumentul împotriva gândirii fără sfârşit se va baza pe un set de ipoteze realiste, vom lua în considerare şi alternative, posibile scenarii de viitor mai favorabile vieţii şi gândirii. Dar interpretarea cea mai directă sugerează că viaţa, şi în particular viaţa inteligentă, este efemeră. Intervalul de timp din istoria cosmică în care condiţiile permit existenţa unor fiinţe autoreflexive ar putea fi extrem de îngust. Aruncând doar o privire de ansamblu superficială, s-ar putea să nici nu observăm viaţa. Descrierea lui Nabokov a vieţii omeneşti ca o „scurtă scăpărare de lumină între două eternităţi de întuneric”[6] se poate aplica însuşi fenomenului vieţii.

Ne deplângem vremelnicia şi ne consolăm cu o transcendenţă simbolică, moştenirea participării noastre la călătorie. Noi nu vom mai fi aici, dar vor fi alţii, iar ce facem, ce creăm, ce lăsăm în urmă contribuie la ce va fi şi la cum va trăi viaţa viitoare. Dar într-un univers care va ajunge lipsit de viaţă şi conştiinţă, chiar şi o moştenire simbolică – o şoaptă adresată urmaşilor noştri îndepărtaţi – va dispărea în vid.

Iar atunci, unde ne duc toate acestea?

Reflecţii asupra viitorului

Tindem să asimilăm descoperirile privind universul la nivel intelectual. Aflăm un fapt nou despre timp, teoriile unificate sau găurile negre. El stimulează pe moment

mintea, iar dacă ne impresionează îndeajuns, se imprimă. Natura abstractă a ştiinţei ne determină adesea să stăruim asupra conţinutului ei pe cale cognitivă, iar abia apoi, şi numai rareori, acea comprehensiune are şansa să ne impresioneze visceral. Dar, în acele ocazii când ştiinţa invocă deopotrivă raţiunea şi emoţia, rezultatul poate fi redutabil.

Un exemplu concret: cu câţiva ani în urmă, când am început să mă gândesc la predicţiile ştiinţifice despre viitorul îndepărtat al universului, trăirea mea era preponderent cerebrală. Am asimilat materialul relevant ca pe o colecţie fascinantă, dar abstractă, de cunoştinţe derivate din matematica legilor naturii. Am constatat însă că, dacă mă străduiam să-mi imaginez *realmente* toată viaţa, toată gândirea, toate strădaniile şi realizările ca pe o aberaţie efemeră într-o istorie cosmică altminteri lipsită de viaţă, îl asimilam altfel. îl puteam simţi. îl puteam percepe. Şi nu mă sfiesc să recunosc că în primele dăţi când am ajuns acolo, călătoria a fost întunecată. în decenii de studiu şi cercetare ştiinţifică am avut adesea momente de jubilare şi fascinaţie, dar niciodată până atunci nişte rezultate din matematică şi fizică nu mă copleşiseră cu o spaimă fără nume.

Cu timpul, participarea mea afectivă a devenit mai subtilă. Acum, cel mai adesea, contemplarea viitorului îndepărtat îmi dă o senzaţie de calm şi conexiune, ca şi cum propria mea identitate ar conta prea

puţin, fiindcă a fost subsumată de ceva ce pot descrie doar ca un sentiment de recunoştinţă pentru darul experienţei. Cum, foarte probabil, cititorul nu mă cunoaşte personal, fie-mi îngăduit să pun aceasta în context. Am mintea deschisă şi o sensibilitate care pretinde rigoare. Vin dintr-o lume în care afirmaţiile trebuie susţinute cu ecuaţii şi date repetabile, o lume în care valabilitatea e determinată de calcule neambigue, care furnizează predicţii în acord cu experimentele cifră cu cifră, uneori până la a douăsprezecea zecimală. De aceea, prima oară când am avut asemenea momente de conexiune calmă – s-a întâmplat să mă aflu la un Starbucks în New York City – am fost profund suspicios. Poate că ceaiul meu Earl Grey fusese stricat cu lapte de soia alterat. Sau poate că-mi pierdeam minţile.

Reflectând, am eliminat ambele posibilităţi. Suntem produsul unei lungi genealogii care şi-a alinat disconfortul existenţial imaginându-şi că lăsăm o urmă. Şi cu cât urma e mai durabilă, cu cât amprenta ei este mai greu de şters, cu atât o viaţă pare să fi fost mai importantă. După cum spunea filozoful Robert Nozick – dar putea la fel de bine s- o spună şi George Bailey –, „Moartea te nimiceşte [...] A fi complet nimicit, cu urme cu tot, contribuie mult la distrugerea sensului vieţii.”[7] Mai ales pentru cei care, la fel ca mine, nu au o orientare religioasă tradiţională, un accent pe a nu fi „nimicit”, o preocupare permanentă pentru

dăinuire, poate cuprinde totul. Educaţia mea, formaţia, cariera, experienţele, toate au suferit această influenţă. Am parcurs fiecare etapă cu un ochi aţintit spre viitor, căutând să înfăptuiesc ceva care să dureze. Nu-i de mirare că preocupările mele profesionale au fost dominate de analize matematice ale spaţiului, timpului şi legilor naturii; e greu de imaginat o altă disciplină care să menţină mai lesne gândurile zilnice concentrate asupra unor întrebări care transcend clipa prezentă. Dar descoperirea ştiinţifică însăşi pune perspectiva aceasta într-o lumină diferită. Viaţa şi gândirea probabil că ocupă doar o oază minusculă din istoria cosmică. Deşi guvernat de legi matematice elegante care permit tot felul de procese fizice prodigioase, universul va găzdui viaţa şi mintea doar vremelnic. Dacă acceptăm lucrul acesta fără rezerve, imaginând un viitor lipsit de stele, planete şi entităţi care gândesc, respectul pentru epoca noastră poate spori până la veneraţie.

Iar *acesta* e sentimentul pe care l-am încercat la Starbucks. Calmul şi conexiunea au marcat trecerea de la aspiraţia către un viitor evanescent la sentimentul locuirii într-un prezent grandios, chiar dacă vremelnic. A fost, pentru mine, o schimbare indusă de un echivalent cosmologic al îndrumărilor oferite de-a lungul timpului de poeţi şi filozofi, scriitori şi artişti, maeştri spirituali şi dascăli iluminaţi, între nenumăraţi alţii care ne spun adevărul

simplu, dar surprinzător de subtil, că viaţa este aici şi acum. Este un cadru mental greu de menţinut, dar care a inspirat gândirea multora. îl vedem la Emily Dickinson în „Veşnicia e alcătuită din momente Acum”[8], şi la Thoreau în „eternitatea în fiecare moment”.[9] Este o perspectivă, am constatat, care devine încă şi mai palpabilă când ne cufundăm în deplina vastitate a timpului – de la început până la sfârşit –, un fundal cosmologic care ne permite să percepem cu inegalabilă claritate că acest „aici şi acum” e unic şi efemer.

Scopul cărţii de faţă este să ofere acea claritate. Vom călători prin timp, de la cea mai subtilă cunoaştere a începutului de care dispunem, şi până cât de aproape de sfârşitul ultim ne poate duce ştiinţa. Vom explora felul în care viaţa şi mintea apar din haosul iniţial şi ne vom ocupa pe larg de ceea ce face un grup de minţi curioase, pasionate, nelinişţite, inventive, sceptice şi autoreflexive, mai cu seamă când devin conştiente de faptul că sunt muritoare. Vom examina originile religiei, imboldul către exprimarea creatoare, ascensiunea ştiinţei, căutarea adevărului şi aspiraţia către etern. Afinitatea adânc înrădăcinată pentru ceva permanent, pentru ceea ce Franz Kafka numea nevoia noastră de „ceva indestructibil”[10], va impulsiona apoi marşul nostru neîntrerupt spre viitorul îndepărtat, permiţându-ne să evaluăm perspectivele pentru tot ceea ce preţuim, pentru tot ceea ce constituie realitatea

aşa cum o cunoaştem, de la planete şi stele, galaxii şi găuri negre la viaţă şi minte.

Peste toate va străluci spiritul uman al descoperirii. Suntem exploratori ambiţioşi care încearcă să înţeleagă o realitate vastă. Secole de efort au luminat teritorii obscure ale materiei, minţii şi cosmosului. în mileniile următoare, sferele iluminării vor deveni mai mari şi mai strălucitoare. Călătoria de până acum a evidenţiat deja că realitatea e guvernată de legi matematice indiferente la coduri de conduită, standarde de frumuseţe, nevoi de tovărăşie, năzuinţe de cunoaştere şi căutări ale scopului. Şi totuşi, prin limbaj şi poveste, artă şi mit, religie şi ştiinţă am luat în stăpânire mica noastră porţiune din cosmosul impasibil, implacabil, care se extinde în mod mecanic, pentru a da glas omniprezentei noastre nevoi de coerenţă, valoare şi semnificaţie. Este o contribuţie admirabilă, dar temporară. Aşa cum va reieşi limpede din călătoria noastră prin timp, probabil că viaţa e trecătoare, iar întreaga cunoaştere produsă datorită apariţiei sale se va dizolva în mod aproape sigur odată cu sfârşitul ei. Nimic nu este permanent. Nimic nu este absolut. Şi astfel, în căutarea valorii şi a scopului, singurele intuiţii relevante, singurele răspunsuri semnificative sunt cele pe care noi înşine le creăm. Până la urmă, în timpul scurtei noastre existenţe sub soare, ni se încredinţează nobila sarcină de a găsi propria noastră semnificaţie.

2. Steven Alexander Wright (n. 1955) este un popular comedian, actor, scriitor şi cineast american (n. tr.).

3. în 1347, şase burghezi din oraşul francez Calais s- au predat ostatici regelui Angliei Eduard III (1327-1377) pentru a-l convinge să ridice asediul oraşului devastat de foamete. Regele ar fi vrut să-i execute, dar i-a cruţat la intervenţia soţiei sale, Philippa de Hainaut (c.1314- 1369). Monumentul dedicat lor, creat de Auguste Rodin (1840-1917), a fost inaugurat în 1895 (n. tr.).

4. Personaj din piesa lui William Shakespeare *Poveste de iarnă* (n. tr.).

5. Sau lupul marsupial, *Thylacinus cynocephalus,* cel mai mare marsupial carnivor din perioada recentă; ultimul exemplar a murit în captivitate în 1936 (n. tr.).

6. *Campephilus principalis,* specie de ciocănitoare din familia *Picidae,* despre care se crezuse că a dispărut în urma despăduririlor masive, dar a fost văzută din nou în sudul Statelor Unite în anii 1990 (n. tr.).

2. LIMBAJUL TIMPULUI

Trecut, viitor şi schimbare

în seara zilei de 28 ianuarie 1948, între interpretarea Cvartetului în la minor al lui Schubert şi prezentarea unor cântece folclorice engleze, postul de radio BBC a transmis o dezbatere între Bertrand Russell, una dintre cele mai mari forte intelectuale ale secolului XX, şi preotul iezuit Frederick Copleston.[1] Tema? Existenţa lui Dumnezeu. Russell, ale cărui contribuţii inovatoare în domeniile filozofiei şi principiilor umanitare îi vor aduce Premiul Nobel pentru Literatură pe anul 1950, şi ale cărui opinii politice şi sociale iconoclaste îi vor aduce concedierea atât de la Universitatea Cambridge, cât şi de la City College din New York, a oferit numeroase argumente pentru a pune la îndoială, dacă nu a respinge, existenţa unui creator.

Una dintre direcţiile de gândire care au inspirat poziţia lui Russell este relevantă pentru explorarea noastră. „Potrivit dovezilor ştiinţifice”, observa Russell, „universul s-a târât în etape lente până la un rezultat oarecum deplorabil pe pământul acesta, şi urmează a se târî în etape încă şi mai deplorabile până la condiţia morţii universale”. Cu o astfel de perspectivă deprimantă, Russell

conchidea: „Dacă aceasta trebuie considerată dovada unui scop, pot spune doar că pe mine scopul acesta nu mă atrage. Prin urmare, nu văd nici un motiv să cred în vreun Dumnezeu.”[2] Argumentaţia teologică o vom urmări în capitole ulterioare, aici vreau să mă concentrez asupra referirii lui Russell la dovezile ştiinţifice
despre o „moarte universală”. Ea are la origine o descoperire din secolul XIX, cu rădăcini pe atât de umile pe cât îi sunt de profunde concluziile.

La mijlocul secolului XIX, Revoluţia Industrială era în plin avânt, iar într-un peisaj de fabrici şi uzine motorul cu aburi devenise forţa motrice a producţiei. Dar, în pofida saltului esenţial de la munca manuală la cea mecanică, randamentul motorului cu aburi – lucrul mecanic util efectuat raportat la cantitatea de combustibil consumată – era slab. Aproximativ 95% din căldura produsă prin arderea lemnului sau cărbunelui se irosea în mediul înconjurător. Aceasta i-a îndemnat pe câţiva oameni de ştiinţă să analizeze în profunzime principiile fizice care guvernează motoarele cu aburi, în căutarea unor modalităţi prin care să ardă mai puţin şi să obţină mai mult. În decursul a multe decenii, cercetările lor au condus treptat la un rezultat clasic, devenit pe bună dreptate celebru: *legea a doua a termodinamicii.*

în termeni (foarte) simpli, legea afirmă că irosirea este inevitabilă. Iar ceea ce

face ca ea să aibă o importanţă vitală este că, deşi motoarele cu aburi au fost catalizatorul, aplicabilitatea sa e universală. Legea a doua descrie o caracteristică fundamentală inerentă oricărui tip de materie şi energie, indiferent de structură şi formă, indiferent dacă e însufleţită sau nu. Legea dezvăluie (din nou, la modul foarte general) că totul în univers are o tendinţă copleşitoare să decadă, să se degradeze, să se ofilească.

Formulat în termenii aceştia uzuali, este evident la ce se referea Russell. Viitorul pare să promită doar o deteriorare continuă, o conversie implacabilă a energiei productive în căldură inutilizabilă, o epuizare treptată, aşa-zicând, a bateriilor care alimentează realitatea. Dar o cunoaştere mai precisă a ştiinţei arată că perspectiva aceasta sumară asupra direcţiei în care se îndreaptă realitatea ascunde un progres bogat şi nuanţat, care se desfăşoară începând de la big bang şi va continua până în viitorul îndepărtat. Este un progres care ne ajută să explicăm locul nostru în istoria cosmică, lămureşte felul în care frumuseţea şi ordinea pot fi produse pe un fundal de degradare şi descompunere, şi oferă de asemenea modalităţi potenţiale, chiar dacă aparent exotice, pentru a evita finalul sumbru preconizat de Russell. Dat fiind că ştiinţa aceasta, implicând concepte precum entropia, informaţia şi energia, ne va călăuzi o mare parte a călătoriei, merită

să consacrăm puţin timp înţelegerii sale mai aprofundate.

Motoare cu aburi

Departe de mine gândul să sugerez că vom găsi semnificaţia vieţii ascunsă în măruntaiele asudate ale unui zgomotos motor cu aburi. Dar pentru a înţelege felul cum energia – de orice tip şi în orice context – evoluează în timp, se dovedeşte că e indispensabil să înţelegem capacitatea motorului cu aburi de a absorbi căldura rezultată din arderea combustibilului şi a o folosi pentru acţionarea mişcării periodice a roţilor unei locomotive sau a pompei dintr-o mină de cărbuni. Iar felul în care evoluează energia are un impact profund asupra viitorului materiei, minţii şi tuturor structurilor din univers. Să coborâm aşadar din tărâmurile elevate ale vieţii, morţii, scopului şi semnificaţiei către pufăitul şi zăngănitul neîncetat al unui motor cu aburi din secolul XVIII.

Baza ştiinţifică a motorului cu aburi e simplă, dar ingenioasă: vaporii de apă – aburul – se dilată când sunt încălziţi, şi astfel împing spre exterior. Un motor cu aburi, utilizează acţiunea aceasta încălzind un cilindru plin cu aburi, prin care poate să alunece liber în sus şi în jos un piston perfect ajustat la suprafaţa interioară a cilindrului. Pe măsură ce aburul încălzit se dilată, el împinge cu putere pistonul, iar forţa aceasta

îndreptată spre exterior poate face ca o roată să se învârtească, o moară să macine sau un război de ţesut să ţească. Pe urmă, după ce şi-a cheltuit energia prin acest efort, aburul se răceşte, iar pistonul alunecă înapoi în poziţia sa iniţială, unde stă pregătit să fie împins atunci când aburul e încălzit din nou – un ciclu care se va repeta atâta timp cât există combustibil de ars pentru a reîncălzi aburul.[3]

Istoria consemnează rolul central al motorului cu aburi în Revoluţia Industrială, dar întrebările pe care le-a pus ştiinţei fundamentale au fost la fel de semnificative. Putem înţelege motorul cu aburi cu precizie matematică? Există o limită pentru cât de eficient poate el transforma căldura în activitate utilă? Există aspecte ale proceselor de bază ale unui motor cu aburi care sunt independente de detaliile proiectului mecanic sau de materialele folosite, şi în felul acesta se referă la principii fizice universale?

Reflectând asupra acestor probleme, fizicianul şi inginerul militar francez Sădi Carnot a iniţiat domeniul termodinamicii – ştiinţa despre căldură, energie şi lucru mecanic. Nu s-ar fi zis, având în vedere vânzările tratatului său din 1824 *Reflecţii despre forţa motrice a focului.*[4] Dar, deşi s-au impus lent, ideile sale vor inspira oamenii de ştiinţă din următorul secol să dezvolte o perspectivă complet nouă asupra fizicii.

O perspectivă statistică

Perspectiva ştiinţifică tradiţională, exprimată în formă matematică de Isaac Newton, este că legile fizicii oferă predicţii riguroase despre felul în care se mişcă lucrurile. Precizează poziţia şi viteza unui obiect la un moment dat, precizează ce forţe acţionează asupra lui, iar ecuaţiile lui Newton vor face restul, prezicând traiectoria ulterioară a obiectului. Fie că este vorba de Luna atrasă de câmpul gravitaţional al Pământului sau de o minge de baseball tocmai lansată spre centrul terenului, observaţiile au confirmat că aceste predicţii sunt absolut exacte.

Există însă o problemă. Cei care au urmat un curs universitar de fizică îşi vor aminti poate că atunci când analizăm traiectoriile obiectelor macroscopice recurgem în general, chiar dacă tacit, la numeroase simplificări. în cazul Lunii şi al mingii de baseball, ignorăm structura lor internă şi ne imaginăm că fiecare e doar o unică particulă masivă. Este o aproximaţie grosieră. Chiar şi un grăunte de sare conţine aproximativ un miliard de miliarde de molecule, şi e doar un grăunte de sare. Ce-i drept, în timp ce Luna îşi parcurge orbita, în general nu ne pasă de mişcarea haotică a unei molecule oarecare din prăfuita Mare a Liniştii. în zborul mingii de baseball, nu ne pasă de vibraţia unei molecule oarecare din miezul ei de plută. Tot ce ne interesează este mişcarea de ansamblu a Lunii sau a mingii. Iar în acest scop e suficient să aplicăm legile lui Newton acestor modele simplificate.[5]

Aceste succese pun în evidenţă dificultatea cu care s-au confruntat fizicienii din secolul XIX preocupaţi de motoarele cu aburi. Aburul fierbinte care împinge pistonul motorului e alcătuit dintr-un număr enorm de molecule de apă, poate un bilion de bilioane [IO^{24}] de particule. Nu putem ignora această structură internă aşa cum facem în analiza mişcării Lunii sau a mingii de baseball. Mişcarea acestor particule – care izbesc pistonul, ricoşează de suprafaţa lui, lovesc pereţii cilindrului, apoi se îndreaptă din nou asupra pistonului – este cea care asigură funcţionarea motorului. Problema este că nimeni, nicăieri, indiferent cât de inteligent ar fi şi ce calculatoare formidabile ar utiliza, nu poate calcula toate traiectoriile individuale urmate de un asemenea ansamblu enorm de molecule de apă.

Ne-am împotmolit?

Aşa s-ar părea. Dar o schimbare de perspectivă se dovedeşte salvatoare. Ansamblurile numeroase oferă uneori propriile simplificări eficiente. E cu siguranţă dificil, de fapt imposibil, să prezici exact când vei strănuta. Totuşi, dacă ne extindem perspectiva la ansamblul mai mare al tuturor oamenilor de pe Pământ, *putem* prezice că în secunda următoare în întreaga lume vor fi circa optzeci de mii de strănuturi.[6] Esenţial este că, prin adoptarea unei perspective statistice, populaţia

numeroasă a Pământului devine cheia – iar nu obstacolul în calea – puterii prédictive. Grupurile mari prezintă adesea regularităţi statistice absente la nivelul individului.

O abordare analoagă pentru grupurile mari de atomi şi molecule a fost iniţiată de James Clerk Maxwell, Rudolf Clausius, Ludwig Boltzmann şi mulţi dintre colegii lor. Ei au pledat pentru abandonarea examinării detaliate a traiectoriilor individuale în favoarea unor afirmaţii statistice care descriu comportamentul mediu al ansamblurilor numeroase de particule. Ei au demonstrat că abordarea aceasta nu doar că face posibile calculele matematice, dar proprietăţile fizice astfel cuantificate sunt şi cele mai importante. Presiunea care împinge pistonul unui motor cu aburi, de exemplu, e prea puţin afectată de traiectoria exactă urmată de una sau alta dintre moleculele individuale de apă. în schimb, presiunea rezultă din mişcarea medie a bilioanelor şi bilioanelor de molecule care-i ciocnesc suprafaţa în fiecare secundă. *Asta* contează cu adevărat. Iar abordarea statistică *asta* le-a permis oamenilor de ştiinţă să calculeze.

în actuala epocă a sondajelor politice, a geneticii populaţiilor şi a datelor masive în general, trecerea la un cadru statistic poate să nu pară radicală. Ne-am obişnuit cu puterea cunoştinţelor statistice extrase din studiul grupurilor mari. Dar, în secolul XIX şi la începutul secolului XX, raţionamentul statistic a reprezentat o

abatere de la precizia rigidă care ajunsese să definească fizica. Trebuie avut de asemenea în vedere că, până în primii ani ai secolului XX, au existat oameni de ştiinţă foarte respectaţi care negau existenţa atomilor şi moleculelor – însăşi baza abordării statistice.

în pofida contestatarilor, nu a durat mult până când raţionamentul statistic să-şi dovedească valoarea. în 1905, Einstein însuşi a explicat cantitativ agitaţia grăuncioarelor de polen suspendate într-un pahar cu apă invocând bombardamentul continuu cu molecule de H_2O. După succesul acesta, trebuia să fii un opozant înrăit pentru a te mai îndoi de existenţa moleculelor. Tot mai multe articole teoretice şi experimentale dezvăluiau că concluziile bazate pe analize statistice ale unor ansambluri mari de particule – descriind modul cum ricoşează ele în recipiente, şi astfel exercită presiune asupra acestei suprafeţe, dobândesc acea densitate sau se destind la acea temperatură – se potriveau atât de bine cu datele experimentale, încât nu mai exista nici un motiv de a pune la îndoială puterea explicativă a abordării.

Aşa s-a născut baza statistică a proceselor termice.

A fost un mare triumf şi le-a permis fizicienilor să înţeleagă nu doar motoarele cu aburi, ci şi o gamă largă de sisteme termice – de la atmosfera Pământului la coroana solară şi la vastul ansamblu de

particule care se înghesuie în interiorul unei stele neutronice. Dar ce legătură au toate astea cu perspectiva lui Russell asupra viitorului, cu previziunea unui univers care se târăşte către moarte? Bună întrebare. Aveţi răbdare, ajungem şi acolo, dar mai avem câţiva paşi de făcut. Următorul e să folosim aceste progrese pentru a dezvălui caracteristica esenţială a viitorului: el se deosebeşte profund de trecut.

De la acesta la acela

Distincţia dintre trecut şi viitor e fundamentală, şi în acelaşi timp esenţială pentru experienţa umană. Neam născut în trecut. Vom muri în viitor. între timp, suntem martori la nenumărate întâmplări ce decurg într-o succesiune de evenimente care, considerate în ordine inversă, ar apărea absurde. Van Gogh a pictat *Noaptea înstelată,* dar nu ar fi putut ca după aceea să îndepărteze vârtejurile de culoare prin trăsături inverse de penel şi să restituie o pânză goală. Titanicul s-a frecat de un aisberg care i-a sfărâmat carena, dar nu ar fi putut ca după aceea să pună motoarele în marşarier, să facă drum întors şi să anuleze stricăciunile. Fiecare dintre noi creştem şi îmbătrânim, dar nu putem întoarce acele ceasului nostru interior şi să ne recăpătăm tinereţea.

Dat fiind că ireversibilitatea este atât de importantă pentru evoluţia lucrurilor, s-ar

putea crede că originea sa matematică în legile fizicii e uşor de identificat. Desigur, ar trebui să putem găsi în ecuaţii ceva care garantează că, deşi lucrurile se pot transforma din *acesta* în *acela,* matematica le interzice să se transforme din *acela* în *acesta.* Dar timp de sute de ani ecuaţiile pe care le-am elaborat n-au reuşit să ne ofere nimic de felul acesta. Dimpotrivă, deşi legile fizicii au fost în permanenţă rafinate, trecând prin mâinile lui Newton (mecanica clasică), Maxwell (electromagnetism), Einstein (fizică relativistă) şi ale zecilor de oameni de ştiinţă răspunzători pentru fizica cuantică, o trăsătură a rămas stabilă: legile au perseverat într-o insensibilitate completă faţă de ceea ce noi, oamenii, numim viitor şi ceea ce numim trecut. Odată definită starea lumii în prezent, ecuaţiile matematice tratează desfăşurările de evenimente spre viitor sau spre trecut în exact acelaşi mod. Deşi pentru noi această distincţie contează, şi încă foarte mult, legile fizicii ridică din umeri în faţa deosebirii, considerând că nu e mai importantă decât dacă ceasul de pe un stadion marchează timpul scurs sau cel rămas. Ceea ce înseamnă că, dacă legile permit ca o anumită succesiune de evenimente să aibă loc, atunci în mod necesar ele permit şi succesiunea inversă.[7]

Student fiind, când am aflat prima oară lucrul acesta, mi s-a părut aproape ridicol. în lumea reală nu vedem săritori la

trambulină ţâşnind din bazin cu picioarele înainte şi aterizând calmi pe trambulină. Nu vedem cioburi de sticlă colorată sărind de pe podea şi reconstituind o lampă Tiffany. Secvenţele de film derulate invers sunt comice tocmai fiindcă ceea ce vedem pe ecran se deosebeşte atât de profund de orice experienţă reală. Şi totuşi, potrivit matematicii, evenimentele prezentate în imaginile derulate invers sunt întru totul conforme cu legile fizicii.

Şi atunci de ce este experienţa noastră atât de asimetrică? De ce vedem că întotdeauna evenimentele se desfăşoară într-o direcţie temporală, şi niciodată invers? O parte fundamentală a răspunsului o dezvăluie noţiunea de *entropie,* un concept care va fi esenţial pentru înţelegerea evoluţiei cosmice.

Entropia: o primă aproximare

Entropia este unul dintre conceptele cele mai derutante din fizica fundamentală, fapt care nu a diminuat apetitul cultural pentru invocarea lui liberă în descrierea unor situaţii cotidiene care au evoluat de la ordine la haos sau, mai simplu spus, de la bine la rău. Pentru uzul conversaţiei nu-i o problemă; uneori eu însumi am invocat entropia în felul acesta. Dar, întrucât conceptul ştiinţific de entropie ne va călăuzi călătoria – şi fiindcă se află în centrul perspectivei întunecate despre viitor a lui Russell –, se cuvine să-i descifrăm mai precis semnificaţia.

începem cu o analogie. Să ne imaginăm că scuturăm viguros o pungă care conţine o sută de monede, iar apoi o deşertăm pe masa din sufragerie. Dacă toate cele o sută de monede ar arăta avers, am fi cu siguranţă surprinşi. Dar de ce? Pare evident, însă faptul merită o analiză mai atentă. Lipsa chiar şi a unui singur revers înseamnă că toate cele o sută de monede, după ce au săltat, s-au ciocnit şi s-au răsucit în mod aleatoriu, trebuie să cadă pe masă pe aceeaşi faţă. Toate. Aşa ceva e dificil. A obţine acel unic rezultat este o cerinţă greu de îndeplinit. Prin comparaţie, dacă considerăm un rezultat fie şi uşor diferit, în care, să zicem, avem un singur revers (celelalte 99 de monede fiind avers), există o sută de moduri diferite în care lucrul acesta se poate întâmpla: reversul singuratic poate fi prima monedă, sau a doua, sau a treia, şi aşa mai departe până la cea de-a o suta. A obţine 99 de aversuri este prin urmare de o sută de ori mai uşor – de o sută de ori mai probabil – decât a obţine numai aversuri.

Să mergem mai departe. Un calcul simplu arată că există 4.950 de moduri diferite în care putem obţine două reversuri (prima şi a doua monedă; prima şi a treia; a doua şi a treia; prima şi a patra; şi aşa mai departe). încă un mic calcul şi găsim că există 161.700 de moduri diferite în care putem obţine ca trei monede să arate revers, aproape patru milioane de moduri de a obţine

patru reversuri; şi aproximativ 75 de milioane de moduri de a obţine cinci reversuri. Detaliile numerice nu contează; ceea ce vreau să arăt este tendinţa generală. Fiecare revers în plus permite un ansamblu mult mai mare de rezultate care îndeplinesc cerinţa. Incomparabil mai mare. Numerele sunt maxime pentru 50 de reversuri (şi 50 de aversuri), pentru care există aproximativ o sută de miliarde de miliarde de miliarde de combinaţii posibile (mai exact, 100.891.344.545.564.193.334.812.497.256 combinaţii).[8] A obţine 50 de aversuri şi 50 de reversuri este aşadar de aproximativ o sută de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai probabil decât a obţine numai aversuri.

*

De aceea ar fi şocant dacă am obţine numai aversuri.

Explicaţia mea se bazează pe faptul că cei mai multi dintre noi analizăm intuitiv ansamblul de

*

monede în acelaşi mod în care Maxwell şi Boltzmann au susţinut că trebuie analizat un cilindru

*

plin cu aburi. La fel cum oamenii de ştiinţă au refuzat să analizeze aburul moleculă cu moleculă, de regulă nici noi nu evaluăm o colecţie aleatorie de monede una câte una. Prea puţin ne pasă sau măcar observăm dacă a 29-a monedă e avers sau a 71-a e revers. în schimb, examinăm ansamblul ca un întreg. Iar trăsătura care ne atrage atenţia este

numărul de aversuri comparat cu numărul de reversuri: sunt mai multe aversuri decât reversuri, sau invers? De două ori mai multe? De trei ori mai multe? Cam tot atâtea? Putem detecta schimbări semnificative în raportul dintre numerele de aversuri şi de reversuri, dar rearanjările aleatorii care păstrează acest raport – de pildă a întoarce monedele a 23-a, a 46-a şi a 92-a din revers în avers concomitent cu a întoarce monedele a 17-a, a 52-a şi a 81-a din avers în revers – sunt practic indiscernabile. în consecinţă, am împărţit rezultatele posibile în grupuri, fiecare conţinând acele configuraţii de monede care arată aproape la fel, şi am specificat numărul de membri din fiecare grup: am numărat rezultatele fără nici un revers, rezultatele cu un revers, rezultatele cu două reversuri, şi aşa mai departe până la 50 de reversuri.

Concluzia cea mai importantă este că aceste grupuri nu au acelaşi număr de membri. Nici pe departe. De aceea e evident că am fi şocaţi ca dintr-o aruncare aleatorie de monede să nu rezulte nici un revers (un grup cu un singur membru), ceva mai puţin şocaţi dacă ar rezulta un revers (un grup cu o sută de membri), încă şi mai puţin şocaţi dacă am găsi două reversuri (un grup cu 4.950 de membri), dar am căsca de plictiseală dacă ar rezulta o configuraţie cu jumătate aversuri şi jumătate reversuri (un grup cu aproximativ o sută de miliarde de miliarde

de miliarde de membri). Cu cât un grup are mai mulţi membri, cu atât e mai probabil ca un rezultat aleatoriu să aparţină acelui grup. Mărimea grupului contează.

Dacă subiectul acesta e nou pentru voi, poate nu realizaţi că tocmai am ilustrat conceptul esenţial de entropie. Entropia unei configuraţii date de monede este mărimea grupului din care face parte – numărul de configuraţii înrudite care arată practic la fel cu cea dată.[9] Dacă sunt multe asemenea sosii, atunci configuraţia dată are entropie înaltă. Dacă sunt puţine sosii, configuraţia dată are entropie scăzută, în condiţii identice, o aruncare aleatorie e mai probabil să aparţină unui grup cu entropie mai înaltă, deoarece grupurile acestea au mai mulţi membri.

Formularea aceasta face totodată legătura cu utilizările colocviale ale entropiei la care m-am referit la începutul acestei secţiuni. Intuitiv, configuraţiile dezordonate (gândiţi-vă la un birou haotic supraîncărcat cu documente împrăştiate, pixuri şi agrafe pentru hârtie) au entropie înaltă fiindcă foarte multe rearanjări ale constituenţilor arată practic la fel; rearanjaţi la întâmplare o configuraţie dezordonată şi va arăta tot dezordonat. Configuraţiile ordonate (gândiţi-vă la un birou imaculat pe care toate documentele, pixurile şi agrafele pentru hârtie sunt aşezate la locul lor) au entropie scăzută, fiindcă foarte puţine rearanjări ale constituenţilor arată la fel. Ca şi în cazul

monedelor, entropia scăzută atrage atenţia fiindcă aranjamentele dezordonate sunt mult mai numeroase decât cele ordonate.

Entropia: cea reală

Monedele sunt foarte utile fiindcă ilustrează abordarea pe care au dezvoltat-o oamenii de ştiinţă pentru analiza ansamblurilor numeroase de particule care alcătuiesc sistemele fizice, fie că e vorba de moleculele de apă zburând încoace şi încolo într-un motor cu aburi încins sau de moleculele de aer în derivă prin camera în care respiraţi acum. La fel ca în cazul monedelor, ignorăm detaliile particulelor individuale – prea puţin contează dacă o anumită moleculă de apă se întâmplă să fie aici sau acolo –, şi în schimb grupăm laolaltă acele configuraţii de particule care arată practic la fel. În cazul monedelor, criteriul de asemănare se referea la raportul dintre numărul de aversuri şi de reversuri, fiindcă în general nu ne interesează cum e aşezată o anumită monedă şi luăm în seamă doar aspectul global al configuraţiei. Dar ce înseamnă „arată practic la fel” pentru un ansamblu mare de molecule de gaz?

Să ne gândim la aerul care umple acum camera în care vă aflaţi. Dacă sunteţi la fel ca mine şi toţi ceilalţi, prea puţin vă pasă că o anumită moleculă de oxigen zboară prin dreptul ferestrei, sau cutare moleculă de azot ricoşează de podea. Vă

pasă doar ca la fiecare inspiraţie să existe volumul de aer care vă este necesar. Ei bine, mai sunt alte câteva trăsături de care probabil că vă pasă. Dacă temperatura aerului ar fi atât de mare, încât să vă ardă plămânii, nu v-ar plăcea. Sau dacă presiunea aerului ar fi atât de mare (şi nu aţi egalizat-o cu presiunea aerului deja existent în trompele lui Eustachius), încât să vă spargă timpanele, iarăşi nu v-ar plăcea. Vă interesează, aşadar, volumul, temperatura şi presiunea aerului. într-adevăr, acestea sunt proprietăţile macroscopice de care le pasă şi fizicienilor, de la Maxwell şi Boltzmann până în zilele noastre.

în consecinţă, în cazul unui ansamblu mare de molecule dintr-un recipient spunem că nişte configuraţii diferite „arată practic la fel" dacă ele umplu acelaşi volum, au aceeaşi temperatură şi exercită aceeaşi presiune. La fel ca în cazul monedelor, grupăm laolaltă toate configuraţiile similare de molecule şi spunem că fiecare membru al grupului produce aceeaşi *macrostare.* Entropia macrostării este numărul acestor sosii. Presupunând că nu porniţi chiar acum radiatorul (influenţând temperatura), nu instalaţi un paravan impermeabil (influenţând volumul) şi nu pompaţi o cantitate suplimentară de oxigen (influenţând presiunea), configuraţia în permanentă evoluţie a moleculelor de aer care zboară încoace şi încolo prin camera în care locuiţi acum aparţine aceluiaşi

grup – toate arată practic la fel – fiindcă toate produc aceleaşi caracteristici macroscopice pe care le percepeţi în momentul de fată.

*

Organizarea particulelor în grupuri de sosii oferă o schemă extrem de eficientă. Aşa cum rezultatul aruncării aleatorii a unor monede e mult mai probabil să aparţină unui grup cu mai mulţi membri (cu entropie mai înaltă), la fel se întâmplă şi cu particulele care ricoşează la întâmplare. Fapt pe atât de uşor de înţeles pe cât îi sunt de vaste consecinţele: indiferent dacă particulele care ricoşează se găsesc într-un motor cu aburi, în camera noastră sau oriunde altundeva, înţelegând caracteristicile tipice ale configuraţiilor cele mai comune (care aparţin grupurilor cu cei mai mulţi membri), putem face predicţii despre proprietăţile macroscopice ale sistemului – adică tocmai proprietăţile care ne interesează. Acestea sunt, desigur, predicţii statistice, dar cu o probabilitate fantastic de mare de a fi exacte. Culmea este că realizăm toate acestea evitând în acelaşi timp complexitatea insurmontabilă a analizei traiectoriilor unui număr absurd de mare de particule.

Pentru a îndeplini programul trebuie aşadar să ne perfecţionăm capacitatea de a distinge între configuraţiile comune (cu entropie înaltă) ale particulelor şi cele rare (cu entropie scăzută). Altfel spus, dată fiind starea unui sistem fizic, trebuie să determinăm dacă există multe sau

puţine rearanjări ale constituentilor în urma cărora sistemul va arăta practic la fel. Ca un studiu de caz, să facem o vizită în baia plină cu aburi după ce tocmai aţi făcut un duş fierbinte lung. Pentru a determina entropia aburului, trebuie să numărăm configuraţiile de molecule – poziţiile lor posibile şi vitezele lor posibile – care toate au aceleaşi proprietăţi macroscopice sau, altfel spus, au acelaşi volum, aceeaşi temperatură şi aceeaşi presiune.[10] Calculul matematic efectiv pentru un ansamblu de molecule de H_2O este mai dificil decât numărătoarea analoagă pentru un ansamblu de monede, dar este ceva ce majoritatea studenţilor la fizică învaţă în anul al doilea. Mai simplu, şi totodată mai edificator, e să calculăm cum influenţează entropia volumul, temperatura şi presiunea.

Mai întâi volumul. Să ne imaginăm că moleculele de H_2O care zboară prin baie sunt înghesuite într-un ungher, formând un ghem dens de aburi. în această configuraţie, rearanjările posibile ale poziţiilor moleculelor vor fi limitate drastic; în mişcarea lor, moleculele de H_2O trebuie să rămână în interiorul ghemului, altminteri configuraţia modificată *va arăta* diferit. Prin comparaţie, atunci când aburul e răspândit uniform în toată baia, jocul scaunelor muzicale[2] moleculare e mult mai puţin constrâns. Putem schimba între ele poziţiile moleculelor aflate lângă măsuţa de toaletă cu ale celor care

plutesc în preajma corpului de iluminat, ale celor de lângă perdeaua duşului cu ale celor care dau târcoale ferestrei, şi cu toate acestea, pe ansamblu, aburul va arăta la fel. De reţinut şi că, cu cât este mai mare baia, cu atât numărul locurilor unde se pot răspândi particulele e mai mare, ceea ce sporeşte şi numărul rearanjărilor disponibile. Concluzia, prin urmare, este că configuraţiile mai mici şi mai strâns înghesuite de molecule au entropie mai scăzută, pe când configuraţiile mai mari şi răspândite uniform au entropie mai înaltă.

Urmează temperatura. La nivelul moleculelor, ce înţelegem prin temperatură? Răspunsul este bine-cunoscut. Temperatura este viteza medie a unui ansamblu de molecule.[11] Ceva este rece dacă viteza medie a moleculelor sale e mică şi este fierbinte dacă viteza lor medie e mare. Aşadar, a determina cum influenţează temperatura entropia echivalează cu a determina cum influenţează viteza moleculară medie entropia. Şi, la fel ca în cazul poziţiilor moleculelor, o evaluare calitativă este la îndemână. Dacă temperatura aburului e scăzută, rearanjările permise ale vitezelor moleculare vor fi comparativ puţin numeroase: pentru a menţine temperatura fixată – şi a garanta în felul acesta că toate configuraţiile arată practic la fel –, orice creştere a vitezei unora dintre molecule trebuie compensată cu o reducere corespunzătoare a vitezei altora.

Dar problema cu temperaturile scăzute (viteze moleculare medii mici) este că vitezele nu pot fi reduse prea mult înainte de a atinge nivelul cel mai scăzut, zero. Spectrul disponibil al vitezelor moleculare posibile este prin urmare îngust, şi ca atare libertatea de a rearanja vitezele e limitată. Prin comparaţie, dacă temperatura este înaltă, jocul scaunelor muzicale devine din nou palpitant: cu o valoare medie mai mare, spectrul vitezelor moleculare – unele mai mari decât media, iar altele mai mici – e mult mai larg, oferind o mai mare libertate de a amesteca vitezele, păstrând totodată valoarea medie. Mai multe rearanjări ale vitezelor moleculare al căror rezultat arată practic la fel înseamnă că o temperatură mai mare implică în general o entropie mai înaltă.

în sfârşit, presiunea. Presiunea exercitată de aburi asupra pielii noastre sau asupra pereţilor băii se datorează impactului fluxului de molecule de H_2O care izbesc aceste suprafeţe: fiecare impact molecular exercită o mică împingere, deci cu cât sunt mai multe molecule, cu atât presiunea e mai mare. Pentru valori date ale volumului şi temperaturii, presiunea e determinată de numărul total al moleculelor de abur din baie, o mărime ale cărei consecinţe pentru entropie pot fi calculate cu cea mai mare uşurinţă. Mai puţine molecule de H_2O în baie (duşul făcut a fost mai scurt) înseamnă că sunt posibile mai puţine

rearanjări, deci entropia e mai scăzută; mai multe molecule de H_2O (aţi făcut un duş mai lung) înseamnă că sunt posibile mai multe rearanjări, deci entropia este mai înaltă.

Pentru a rezuma: dacă sunt mai puţine molecule, sau temperatura este mai joasă, sau volumul este mai mic, entropia e mai scăzută. Dacă sunt mai multe molecule, sau temperatura este mai înaltă, sau volumul este mai mare, entropia e mai înaltă.

Pornind de la această sumară trecere în revistă, fie-mi îngăduit să subliniez un mod de a concepe entropia, deficitar în privinţa rigorii, dar care oferă o regulă empirică utilă. Trebuie să ne aşteptăm să întâlnim stări cu entropie înaltă. Deoarece asemenea stări pot fi realizate de un mare număr de aranjări diferite ale particulelor constituente, ele sunt comune, prozaice, uşor de configurat, de doi bani. Dimpotrivă, dacă întâlnim o stare cu entropie scăzută, ea trebuie să ne atragă atenţia. Entropie scăzută înseamnă că sunt mult mai puţine moduri în care macrostarea dată poate fi realizată de ingredientele sale microscopice, prin urmare, asemenea configuraţii sunt greu de găsit, neobişnuite, aranjate cu grijă, rare. leşiţi de sub un duş fierbinte lung şi observaţi că aburul e răspândit uniform în toată baia: entropie înaltă, şi deloc surprinzător. leşiţi de sub un duş fierbinte lung şi observaţi că tot aburul s-a adunat într-un cubulet perfect care pluteşte în

faţa oglinzii: entropie scăzută, şi extraordinar de neobişnuit. Atât de neobişnuit, încât, dacă am întâlni o asemenea configuraţie, ar trebui să fim extrem de sceptici privind explicaţia că tocmai am dat peste unul dintre acele lucruri improbabile care se întâmplă din când în când. Aceasta *ar putea fi* explicaţia. Dar aş paria pe viaţa mea că nu este. Aşa cum am bănui că există un motiv dincolo de simpla întâmplare că o sută de monede de pe masa din sufragerie sunt toate avers (de pildă cineva a întors intenţionat toate monedele care erau revers), trebuie să căutăm o explicaţie dincolo de simpla întâmplare pentru toate configuraţiile cu entropie scăzută pe care le întâlnim.

Raţionamentul acesta se aplică şi în situaţii aparent banale, precum a găsi un ou, un muşuroi de furnici sau o cană. Natura ordonată, meşteşugită, cu entropie scăzută a acestor configuraţii necesită o explicaţie. Că în mişcarea lor aleatorie particulele adecvate tocmai s-au combinat într-un ou, un muşuroi de furnici sau o cană e de conceput, dar neverosimil. în schimb, suntem motivaţi să găsim explicaţii mai convingătoare, şi bineînţeles că nu trebuie să căutăm departe: oul, muşuroiul de furnici şi cana apar datorită unor forme specifice de viaţă care aranjează o configuraţie altminteri aleatorie de particule din mediul înconjurător pentru a produce structuri ordonate. Cum e capabilă viaţa să producă

o asemenea ordine admirabilă este o temă de care ne vom ocupa în capitole ulterioare. Deocamdată, este de reţinut că trebuie să privim configuraţiile cu entropie scăzută ca pe un diagnostic, un indiciu că influenţe organizatorice puternice pot fi răspunzătoare pentru ordinea pe care am întâlnit-o.

La sfârşitul secolului XIX, înarmat cu aceste idei, dintre care multe inventate de el însuşi, fizicianul austriac Ludwig Boltzmann a crezut că poate să abordeze întrebarea care a lansat secţiunea aceasta a discuţiei noastre: ce distinge viitorul de trecut? Răspunsul său s-a bazat pe o proprietate a entropiei articulată de legea a doua a termodinamicii.

Legile termodinamicii

în vreme ce entropia şi legea a doua se bucură de un mare număr de referinţe culturale, menţionările publice ale primei legi a termodinamicii sunt mai rare. Totuşi, pentru a înţelege pe deplin legea a doua, e util ca în prealabil să înţelegem prima lege. Se dovedeşte că şi aceasta e bine-cunoscută, dar sub un pseudonim. Este legea conservării energiei. Valoarea energiei la începutul unui proces este egală cu valoarea sa la sfârşitul procesului. Energia trebuie meticulos contabilizată, incluzând toate formele în care s-a putut transforma o cantitate iniţială de energie, cum ar fi energie cinetică (energie de mişcare), energie

potenţială (energie depozitată, de exemplu într-un resort întins), radiaţie (energie transportată de câmpuri, ca de exemplu câmpul electromagnetic sau cel gravitaţional) sau căldură (agitaţia aleatorie a moleculelor şi atomilor). Dacă totul e luat în calcul cu grijă, prima lege a termodinamicii garantează că balanţa energiei se va echilibra.[12]

Legea a doua a termodinamicii se concentrează asupra entropiei. Spre deosebire de prima lege, cea de-a doua nu este o lege de conservare. Este o lege de creştere. Legea a doua afirmă că, în timp, există o tendinţă copleşitoare ca entropia să crească. în termeni simpli, configuraţiile speciale tind să evolueze către configuraţii obişnuite (cămaşa călcată cu grijă devine şifonată şi încreţită) sau ordinea tinde să cadă în dezordine (ordinea din garaj degenerează într-o harababură de unelte, cutii şi echipament sportiv). în vreme ce descrierea aceasta oferă o bună imagine intuitivă, formularea statistică a lui Boltzmann a entropiei ne permite să descriem legea a doua cu precizie şi, la fel de important, să înţelegem clar de ce este adevărată.

Totul se reduce la un joc cu numere. Să ne gândim din nou la monede. Dacă le aranjăm aşa încât toate să arate avers, o configuraţie cu entropie scăzută, iar apoi le scuturăm puţin, ne aşteptăm să obţinem cel puţin câteva reversuri, o configuraţie cu entropie mai înaltă. Dacă

le scuturăm în continuare, nu e exclus să obţinem din nou doar aversuri, dar asta ar presupune ca scuturătura să fi fost tocmai cea corectă, atât de perfect reglată, încât să întoarcă numai acele câteva monede care întâmplător erau revers. E un lucru extraordinar de improbabil. Sunt şanse incomparabil mai mari ca scuturarea să producă un ansamblu aleatoriu de monede. Câteva dintre puţinele monede care erau revers ar putea deveni avers, dar dintre cele care erau avers mult mai multe vor deveni revers. Prin urmare, o logică directă – fără matematică sofisticată, fără idei inutil de abstracte – ne arată că dacă iniţial toate monedele erau avers, scuturarea aleatorie va determina o creştere a numărului de reversuri. O creştere, aşadar, a entropiei.

Evoluţia către un număr mai mare de reversuri va continua până când raportul dintre numărul de aversuri şi cel de reversuri va fi aproximativ 50-50. Din acel moment, scuturarea va tinde să transforme numere egale de aversuri în reversuri şi invers, astfel încât monedele îşi vor petrece cea mai mare parte a timpului migrând între membrii grupurilor cu entropia cea mai înaltă, care sunt cele mai populate.

Ce este adevărat pentru monede este adevărat în general. Coace pâine şi poţi fi sigur că în scurt timp aroma va umple camerele aflate departe de bucătărie. La început, moleculele eliberate prin coacerea pâinii sunt grupate în apropierea

cuptorului. Dar ele se vor dispersa treptat. Motivul, similar cu explicaţia noastră privitoare la monede, este că sunt mult mai multe posibilităţi ca moleculele să se risipească decât ca ele să se adune. Prin urmare, este infinit mai probabil ca în urma ciocnirilor aleatorii moleculele să fie purtate spre exterior decât ca ele să se îngrămădească spre interior. Configuraţia cu entropie scăzută a moleculelor grupate în preajma cuptorului evoluează aşadar în mod natural către starea cu entropie mai mare în care ele sunt răspândite în toată casa.[13]

Mai general, dacă un sistem fizic nu se află deja în starea cu cea mai mare entropie disponibilă, există o probabilitate covârşitoare ca el să evolueze către acea stare. Explicaţia, bine ilustrată de aroma pâinii, se bazează pe raţionamentul cel mai simplu: deoarece numărul de configuraţii cu mai multă entropie îl depăşeşte categoric pe al celor cu mai puţină entropie (prin însăşi definiţia entropiei), sunt incomparabil mai multe şanse ca agitaţia aleatorie – ciocnirile şi vibraţiile necontenite ale atomilor şi moleculelor – să îndrepte sistemul către o entropie mai mare, iar nu mai mică. Procesul va continua până când se atinge o configuraţie cu cea mai mare entropie disponibilă. După care agitaţia va tinde să determine constituenţii să migreze între configuraţiile (de regulă colosal de numeroase) ale stărilor cu entropia cea mai mare.[14]

Aceasta este legea a doua a termodinamicii. Şi din acest motiv ea este adevărată.

Energie şi entropie

S-ar putea crede că prima şi a doua lege a termodinamicii sunt complet distincte. în fond, una se concentrează asupra energiei şi a conservării sale, cealaltă asupra entropiei şi a creşterii sale. Dar între ele există o legătură profundă, care evidenţiază un fapt implicit în legea a doua şi la care vom reveni în mod repetat: nu toate formele de energie sunt egale între ele.

Să considerăm, de exemplu, un cartuş de dinamită. Fiindcă toată energia depozitată în dinamită e conţinută într-un pachet chimic dens, compact şi ordonat, energia este uşor de folosit. Plasaţi dinamita acolo unde aveţi nevoie de energia depozitată în ea şi aprindeţi fitilul. Atâta tot. După explozie, toată energia dinamitei continuă să existe. Aceasta este prima lege în acţiune. Dar, fiindcă energia dinamitei a fost transformată în mişcarea rapidă şi haotică a unor particule foarte dispersate, utilizarea ei este acum extrem de dificilă. Prin urmare, cantitatea totală de energie rămâne neschimbată, dar nu şi calitatea ei.

înaintea exploziei, spunem că energia dinamitei este de calitate înaltă: e concentrată şi uşor de accesat. După explozie, spunem că energia dinamitei

este de calitate scăzută: e risipită şi greu de folosit. Şi deoarece explozia dinamitei se conformează întru totul legii a doua, trecând de la ordine la dezordine – de la entropie scăzută la entropie înaltă – asociem entropia scăzută cu energia de calitate înaltă, iar entropia înaltă cu energia de calitate scăzută. Da, ştiu, este o argumentaţie întortocheată. Dar concluzia e concisă şi plină de miez: în vreme ce, conform primei legi a termodinamicii, cantitatea totală de energie se conservă în timp, conform legii a doua calitatea acelei energii se degradează cu timpul.

Şi atunci, de ce viitorul se deosebeşte de trecut? Răspunsul, evident din discuţia de până acum, este că energia care alimentează viitorul este de calitate mai scăzută în raport cu cea care alimentează trecutul. Viitorul are o entropie mai înaltă decât trecutul.

Sau cel puţin asta a propus Boltzmann.

Boltzmann şi big bang-ul

Cu siguranţă Boltzmann era pe calea cea bună. Dar adevărul este că există o clarificare subtilă a legii a doua ale cărei implicaţii nici măcar Boltzmann nu le-a înţeles pe deplin dintru început.

Legea a doua nu este o lege în sensul tradiţional. Ea nu exclude în mod absolut ca entropia să scadă. Ea declară doar că o asemenea descreştere e improbabilă. în cazul monedelor, am cuantificat această

probabilitate. în comparaţie cu singura configuraţie în care toate monedele arată avers, este de o sută de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai probabil ca dintr-o scuturare aleatorie să rezulte o configuraţie cu 50 de aversuri şi 50 de reversuri. Să scuturăm din nou acea configuraţie cu entropie înaltă şi nu e interzis să obţinem o configuraţie cu entropie mai scăzută, de pildă numai aversuri, dar, din cauza şanselor infime, în practică aşa ceva nu se întâmplă.

Pentru un sistem fizic obişnuit alcătuit din mult mai mult decât o sută de componente, probabilitatea unei descreşteri a entropiei devine cu atât mai mică, în timp ce se coace, pâinea eliberează miliarde şi miliarde de molecule. Configuraţiile în care acele molecule se răspândesc în toată casa sunt incomparabil mai numeroase decât cele în care toate se întorc în cuptor. în agitaţia şi ciocnirile lor aleatorii, moleculele *ar putea* face cale întoarsă, să intre înapoi în pâine şi să anuleze complet procesul de coacere, lăsându-ne cu o grămadă de aluat crud şi rece. Dar şansele ca aşa ceva să se întâmple sunt mai apropiate de zero decât probabilitatea ca împroşcând vopsele pe o pânză să reproducem *Mona Lisa.* Chiar şi aşa, ideea este că, dacă un asemenea proces de inversare a entropiei s-ar petrece, el nu ar contraveni legilor fizicii. Deşi spectaculos de improbabil, legile fizicii *permit* ca entropia să scadă.

Să nu fiu greşit înţeles. Nu menţionez

toate acestea pentru a sugera că într-o zi am putea să descoacem pâine, să asistăm la dezaccidentarea unei maşini sau la dezarderea unui document. în schimb, subliniez un important aspect de principiu. Am explicat mai înainte că legile fizicii pun viitorul şi trecutul pe picior de egalitate. Legile garantează aşadar că procesele fizice care decurg într-o anumită succesiune temporală pot decurge şi în sens invers.
Şi fiindcă aceleaşi legi guvernează totul, inclusiv procesele fizice răspunzătoare de felul în care se modifică entropia în timp, ar fi într-adevăr ciudat, de fapt greşit, dacă am constata că acele legi permit entropiei doar să crească. Ele nu fac asta. Toate procesele în care entropia creşte şi pe care le experimentăm zi de zi întreaga viaţă – de la cele banale precum spargerea unui pahar, la cele profunde precum îmbătrânirea corpului – pot decurge şi în sens invers. Entropia poate să scadă. Doar că e ridicol de improbabil.

Prin urmare, unde ne duce asta în încercarea de a explica de ce viitorul e diferit de trecut? Ei bine, dată fiind o configuraţie prezentă cu o entropie mai mică decât cea maximă, legea a doua arată că e covârşitor de probabil ca viitorul să fie diferit, fiindcă e covârşitor de probabil ca entropia să crească. Configuraţiile materiale a căror entropie este mai scăzută decât valoarea maximă posibilă ard de nerăbdare să evolueze către o entropie mai înaltă. Cu observaţia

aceasta, unii dintre cei care explorează deosebirea dintre trecut şi viitor se declară mulţumiţi, considerând că munca lor s-a încheiat.

Dar munca nu s-a încheiat. La fel de important, trebuie să explicăm de ce ne găsim în prezent într-o stare atât de specială, improbabilă şi surprinzătoare, în care entropia este mai scăzută decât cea maximă – un univers plin cu structuri ordonate, de la planete şi stele la păuni şi oameni. Dacă lucrurile ar sta altfel, dacă configuraţia actuală ar fi starea previzibilă, obişnuită şi deloc surprinzătoare în care entropia e maximă, atunci foarte probabil că universul ar continua să rămână în starea aceasta, producând un viitor prin nimic deosebit de trecut. La fel cum prin scuturarea unei pungi cu monede rezultă una sau alta din enormul număr de configuraţii cu aproximativ 50 de aversuri şi 50 de reversuri, şi universul ar rătăci implacabil prin enormul peisaj al configuraţiilor sale cu entropie maximă – particule risipite la intervale mari deplasându-se într-o direcţie sau alta prin spaţiu, versiunea cosmică a aburului care umple uniform o baie.[15] Starea actuală cu entropie mai scăzută decât cea maximă este, din fericire pentru noi, mult mai interesantă. Ea oferă prilejul ca particulele să se asocieze în structuri şi să se producă schimbări macroscopice. Şi atunci ne punem întrebarea: Cum s-a ajuns la prezenta stare cu entropie mai scăzută

decât cea maximă?

Urmând ascultători legea a doua, conchidem că starea de azi derivă din starea cu entropie mai scăzută de ieri. Iar starea aceea, presupunem, derivă din starea cu entropie încă şi mai scăzută de alaltăieri, şi aşa mai departe, urmând un traseu cu entropie mereu descrescătoare care ne duce tot mai departe înapoi în timp, până ajungem în cele din urmă la big bang. Big bang-ul ca punct de pornire foarte ordonat, cu entropie extrem de scăzută, explică de ce universul actual nu e maximalizat entropie, permiţând un viitor bogat în evenimente care se deosebeşte de trecut.

Putem merge mai departe şi să explicăm de ce începutul universului a fost atât de ordonat? Vom reveni asupra acestei întrebări în capitolul următor, unde vom explora teoriile cosmologice. Pentru moment să observăm că supravieţuirea noastră necesită ordine, de la organizarea noastră moleculară internă, care susţine o diversitate de funcţii vitale, la sursele de hrană care ne asigură energia de calitate înaltă, la uneltele fabricate şi locuinţele care sunt esenţiale pentru perpetuarea existenţei noastre. Fără un mediu plin de structuri ordonate cu entropie scăzută, noi, oamenii, nu am fi aici ca să-] observăm.

Căldură şi entropie

Am început capitolul acesta cu Bertrand

Russell deplângând un univers supus declinului inexorabil. Cu afirmaţia legii a doua privind creşterea entropiei am întrezărit ce anume i-a inspirat sumbra profeţie. Gândiţi-vă la creşterea entropiei ca la o creştere a dezordinii, şi aveţi esenţa problemei. Dar pentru a înţelege pe deplin viitoarele provocări cu care se vor confrunta viaţa, mintea şi materia – o temă pe care o vom explora pe larg în capitole ulterioare – trebuie să stabilim o legătură între descrierea modernă a legii a doua a termodinamicii, aşa cum am expus-o eu, şi formularea originară dezvoltată la jumătatea secolului XIX. în acea versiune mai veche, legea a doua codifica ceva evident pentru oricine lucra cu motoare cu aburi: procesul prin care se arde combustibil pentru a pune în mişcare o maşină întotdeauna produce căldură şi reziduuri – degradare. Cum însă prima versiune nu făcea nici o referire la numărarea configuraţiilor de particule şi nu folosea raţionamentul statistic, s-ar părea că ea nu are nici o legătură cu enunţul statistic despre creşterea entropiei pe care tocmai l-am dezvoltat. Dar între cele două formulări există o conexiune profundă şi directă, care dezvăluie de ce conversia de către motorul cu aburi a energiei de calitate înaltă în căldură, o energie de calitate joasă, este ilustrativă pentru degradarea care are loc pretutindeni în cosmos.

Voi explica legătura în doi paşi. Mai întâi, să examinăm relaţia dintre entropie

şi căldură. Pe urmă, în secţiunea următoare, vom lega căldura de tratarea statistică a legii a doua.

Apucaţi mânerul fierbinte al unei tigăi, iar căldura va părea că vi se scurge în mână. Dar oare curge într-adevăr ceva? Cu mult timp în urmă, oamenii de ştiinţă au crezut că răspunsul e afirmativ. Ei au imaginat o substanţă asemănătoare unui fluid, numită „caloric”, care ar curge din locurile mai fierbinţi spre locurile mai reci la fel cum un râu curge din amonte în aval. Cu timpul, o mai bună cunoaştere a ingredientelor materiei a oferit o altă descriere. Când apucaţi mânerul tigăii, moleculele în mişcare mai rapidă ale acestuia se ciocnesc cu moleculele mai lente din mână făcând ca, în medie, viteza moleculelor din mână să crească, iar a celor din mâner să scadă. Viteza sporită a moleculelor din mână o simţiţi drept căldură; temperatura mâinii a crescut. în mod corespunzător, viteza mai mică a moleculelor din mâner înseamnă că temperatura acestuia a scăzut. Ceea ce curge nu este, prin urmare, o substanţă. Moleculele din mâner rămân în mâner, iar cele din mână rămân în mână. în schimb, la fel cum informaţia curge de la o persoană la alta în jocul telefonului fără fir, agitaţia moleculară curge de la moleculele din mâner la cele din mână. Aşadar, nu materia însăşi curge din mâner în mână, ci o proprietate a materiei – viteza moleculară medie. Asta înţelegem prin curgerea căldurii.

Aceeaşi descriere se aplică şi entropiei. Pe măsură ce temperatura mâinii creşte, moleculele sale saltă de colo-colo mai rapid, intervalul vitezelor lor posibile se extinde – mărind numărul de configuraţii accesibile care arată practic la fel –, astfel că şi entropia mâinii creşte. în mod corespunzător, pe măsură ce temperatura mânerului scade, moleculele sale se mişcă mai lent, intervalul vitezelor lor posibile se restrânge – micşorând numărul de configuraţii accesibile care arată practic la fel – astfel că şi entropia mânerului scade.

Un moment! Entropia *scade?*

Da. Dar asta nu are nimic de-a face cu acele rare întâmplări statistice norocoase precum a goli o pungă cu monede şi a obţine numai aversuri, aşa cum am văzut în secţiunea precedentă. Entropia mânerului fierbinte va scădea de fiecare dată când îl apucaţi. Aspectul simplu, dar esenţial, ilustrat de tigaie este că afirmaţia legii a doua privind creşterea entropiei se referă la entropia *totală* a unui sistem fizic complet, care include în mod necesar toate lucrurile cu care interactionează sistemul. Deoarece

*

mâna interactionează cu mânerul tigăii, nu putem aplica legea a doua doar mânerului. Trebuie să includem atât mânerul, cât şi mâna (şi, pentru a fi mai precişi, toată tigaia, cuptorul, aerul înconjurător, şi aşa mai departe). Iar un calcul minuţios arată că creşterea entropiei mâinii depăşeşte scăderea

entropiei mânerului, asigurând că entropia totală creşte într-adevăr.

Prin urmare, la fel ca şi căldura, într-un anumit sens entropia poate să curgă. în cazul tigăii, ea curge de la mâner spre mână. Mânerul devine ceva mai ordonat, iar mâna devine ceva mai puţin ordonată. Din nou, curgerea nu este sub forma unei substanţe tangibile care iniţial s-a aflat în mâner, iar acum s-a deplasat în mână. în schimb, curgerea entropiei denotă o interacţiune între moleculele din mâner şi cele din mână care influenţează proprietăţile amândurora. în cazul de faţă, ea modifică vitezele lor medii – respectiv temperaturile lor –, iar aceasta, la rândul ei, influenţează entropia fiecăreia.

Aşa cum reiese clar din descriere, curgerea căldurii şi curgerea entropiei sunt în strânsă legătură. A absorbi căldură înseamnă a absorbi energia purtată de mişcarea moleculară aleatorie. La rândul ei, acea energie determină moleculele care o primesc să se mişte mai rapid sau să se împrăştie într-un volum mai mare, contribuind astfel la creşterea entropiei. Concluzia, prin urmare, este că pentru a deplasa entropie dintr-un loc într-altul, căldura trebuie să curgă dintr-un loc într-altul. Pe scurt, entropia călăreşte valul fluxului de căldură.

înţelegând astfel relaţia dintre căldură şi entropie, să reexaminăm legea a doua.

Căldura şi legea a doua a termodinamicii

Explicaţia faptului că observăm că evenimentele se desfăşoară într-o direcţie, dar nu şi invers, ne-a condus la Boltzmann şi la versiunea lui statistică a legii a doua: există o probabilitate covârşitoare ca entropia să crească spre viitor, făcând ca derularea inversă a evenimentelor (în care entropia ar scădea) să fie fantastic de improbabilă. Cum se leagă asta de formularea anterioară a legii a doua, inspirată de motorul cu aburi, care a fost exprimată în termenii producerii inevitabile de căldură reziduală de către sistemele fizice?

Legătura ţine de faptul că cele două puncte de pornire – reversibilitatea şi motoarele cu aburi – sunt strâns legate între ele. Motivul este că motorul cu aburi se bazează pe un proces ciclic: un piston este împins înainte de expansiunea aburului, după care este readus în poziţia iniţială, unde aşteaptă următoarea împingere. Aburul revine şi el la volumul, temperatura şi presiunea iniţiale, la fel ca toate piesele esenţiale ale motorului, pregătindu-l pentru a se reîncălzi şi a împinge din nou pistonul. Nimic din toate acestea nu pretinde evoluţia ridicol de improbabilă în care fiecare moleculă revine în exact acelaşi loc sau dobândeşte exact aceeaşi viteză pe care a avut-o la începutul ciclului anterior, în schimb este necesar ca aranjamentul de ansamblu – macrostarea motorului – să revină de fiecare dată la aceeaşi formă pentru a iniţia ciclul următor.

Ce implică asta pentru entropie? Deoarece entropia este o numărătoare a configuraţiilor microscopice care se prezintă ca aceeaşi macrostare, dacă macrostarea motorului cu aburi e restabilită la începutul fiecărui nou ciclu, atunci şi entropia sa trebuie restabilită. Ceea ce înseamnă că toată entropia acumulată de motorul cu aburi pe durata unui ciclu dat (prin absorbirea căldurii din arderea combustibilului, prin generarea de căldură suplimentară datorită frecării părţilor sale mobile etc.) trebuie expulzată în mediu la încheierea ciclului. Cum realizează motorul cu aburi lucrul acesta? Ei bine, am văzut că pentru a transfera entropie trebuie transferată căldură. Prin urmare, pentru ca motorul cu aburi să se reiniţializeze în vederea ciclului următor, *el trebuie să elibereze căldură în mediul exterior.* Acesta e enunţul istoric al legii a doua a termodinamicii, inevitabila deversare de căldură reziduală în mediu – însăşi degradarea care-l apăsa atât de tare pe Bertrand Russell – dedusă acum din versiunea statistică a legii a doua.[16]

Aici voiam să ajung, aşa încât, dacă doriţi, puteţi sări la secţiunea următoare. Dar, dacă aveţi răbdare, există un amănunt pe care ar fi o neglijenţă să-l omit. V-aţi putea întreba: Dacă motorul cu aburi absoarbe căldură din arderea combustibilului (absorbind astfel entropie) doar pentru a elibera căldură în mediu (eliberând astfel entropie), cum îi mai rămâne energie pentru a îndeplini sarcini

utile, precum acţionarea unei locomotive? Răspunsul este că motorul cu aburi eliberează mai puţină căldură decât absoarbe, dar cu toate acestea e capabil să elimine în totalitate entropia acumulată. Iată cum:

Motorul cu aburi absoarbe căldură şi entropie din arderea combustibilului şi eliberează căldură şi entropie în mediul înconjurător mai rece. Diferenţa de temperatură dintre combustibil şi mediu este esenţială. Pentru a vedea de ce, să ne imaginăm că pornim două radiatoare identice, unul într-o încăpere rece, iar celălalt într-o încăpere caldă. în încăperea rece, radiatorul agită moleculele de aer amorţite, făcându-le să se mişte mai repede şi să se disperseze mai mult, astfel încât entropia creşte semnificativ. în încăperea caldă, moleculele deja se mişcă rapid şi zboară în toate părţile, astfel încât radiatorul le măreşte doar cu puţin entropia. (E ca şi cum am mări ritmul muzicii la o petrecere dezlănţuită de revelion şi am observa că dansatorii se mişcă doar cu puţin mai repede; dar puneţi aceeaşi muzică la Mănăstirea Thiksay-, ispitindu-i pe călugări să-şi abandoneze practica meditativă şi să înceapă a ţopăi, şi veţi vedea cu uşurinţă schimbarea.) Prin urmare, chiar dacă cele două radiatoare sunt identice, cantităţile de entropie pe care le transferă mediului sunt diferite: deşi ele generează aceeaşi cantitate de căldură, radiatorul din mediul mai rece transferă mai multă entropie. O

anumită cantitate de căldură primită produce aşadar o creştere entropică mai mare într-un mediu mai rece. înţelegând lucrul acesta, vedem că motorul cu aburi se poate debarasa de toată entropia obţinută de la combustibilul mai fierbinte, eliminând doar o parte din căldură în mediul mai rece. Căldura rămasă e disponibilă pentru a face aburul să se dilate, împingând pistonul şi efectuând lucru
mecanic util.

Aceasta e explicaţia, dar nu lăsaţi ca amănuntele să ascundă concluzia importantă: în timp, sistemele fizice vor evolua, cu o probabilitate fantastic de mare, de la configuraţii cu entropie mai scăzută la configuraţii cu entropie mai înaltă. Dacă un sistem, de pildă un motor cu aburi, caută să-şi păstreze integritatea structurală, el trebuie să împiedice tendinţa naturală de creştere a entropiei, transferând în mediul înconjurător entropia pe care o acumulează. în acest scop, motorul trebuie să elibereze în mediu căldură reziduală.

Pasul în doi entropie

Dacă examinaţi cu atenţie cei doi paşi pe care i-am făcut veţi vedea că, deşi ne-am referit tot timpul la motorul cu aburi, concluziile noastre transcend punctul acesta de pornire din secolul XVIII. Esenţa analizei noastre e o contabilizare riguroasă a entropiei, care poate fi

efectuată în orice context. Este esenţial să înţelegem lucrul acesta, fiindcă transferul de entropie de la motorul cu aburi la mediul înconjurător prin eliberare de căldură e doar o versiune a unui proces omniprezent cu care ne vom întâlni atunci când vom urmări evoluţia

*

cosmosului. Eu îl numesc *pasul în doi entropie,* prin care înţeleg orice proces în care entropia unui sistem scade, fiindcă el produce o creştere încă şi mai mare a entropiei mediului său înconjurător. Pasul în doi face ca, deşi entropia poate să scadă într-un loc, ea va creşte altundeva, garantând creşterea netă a entropiei la care ne aşteptăm pe baza legii a doua.

Pasul în doi entropie e esenţial pentru modul cum un univers care se îndreaptă către o dezordine tot mai mare poate totuşi produce şi susţine structuri ordonate precum stele, planete şi oameni. O temă cu care ne vom întâlni în repetate rânduri este că, atunci când energia curge printr-un sistem – de pildă energia rezultată din arderea cărbunelui care curge prin aburi, efectuează lucru mecanic, apoi iese în mediul înconjurător –, ea transportă cu sine entropie, iar astfel poate să menţină sau chiar să producă ordine.

Dansul acesta entropie va coregrafia originea vieţii şi a minţii, precum şi a mai tuturor lucrurilor pe care minţile le consideră importante.

Suntem motoare cu aburi

Dată fiind importanţa reiniţializării entropiei de fiecare dată când un motor cu aburi parcurge un ciclu, v-aţi putea întreba ce s-ar întâmpla dacă reiniţializarea entropiei nu s-ar produce. Aceasta înseamnă că motorul cu aburi nu evacuează o cantitate adecvată de căldură reziduală, astfel încât temperatura sa creşte cu fiecare ciclu până când se supraîncălzeşte şi se defectează. Dacă unui motor cu aburi i s-ar întâmpla aşa ceva, ar fi un inconvenient, dar, presupunând că nu au existat răniţi, probabil că nu i-ar produce nimănui o criză existenţială. Aceeaşi fizică e însă esenţială pentru a vedea dacă viaţa şi mintea pot dăinui nedefinit în viitor. Motivul este că lucrurile valabile pentru motorul cu aburi sunt valabile şi pentru noi.

Probabil că nu vă consideraţi un motor cu aburi, nici vreo altă maşinărie fizică. Şi eu doar rareori folosesc aceşti termeni pentru a mă descrie. Dar gândiţi-vă: viaţa noastră implică procese nu mai puţin ciclice decât cele ale unui motor cu aburi. Zi de zi, corpul nostru arde alimentele pe care le mâncăm şi aerul pe care-l respirăm, pentru a furniza energia necesară funcţiilor interne şi activităţilor exterioare. Până şi actul gândirii – o mişcare moleculară ce are loc în creier – este alimentat de aceste procese de conversie a energiei. Prin urmare, foarte

asemănător motorului cu aburi, nu am putea supravieţui fără a ne reiniţializa entropia eliminând în mediul înconjurător excesul de căldură reziduală, într-adevăr, asta facem cu toţii. Tot timpul. De aceea, de exemplu, ochelarii militari cu raze infraroşii proiectaţi să „vadă” căldura pe care noi toţi o eliminăm încontinuu îi ajută pe soldaţi să localizeze combatanţii inamici pe timp de noapte.

Putem înţelege acum mai bine la ce se gândea Russell când şi-a imaginat viitorul îndepărtat. Cu toţii purtăm o bătălie necruţătoare pentru a rezista acumulării persistente de reziduuri, creşterii inexorabile a entropiei. Ca să supravieţuim, mediul trebuie să absoarbă şi să îndepărteze toate reziduurile, toată entropia pe care o generăm. Se pune atunci întrebarea: Oare mediul – prin care acum înţelegem universul observabil – oferă un puţ fără fund pentru absorbirea acestor reziduuri? Poate viaţa să danseze indefinit pasul în doi entropie? Sau va veni o vreme când universul va fi efectiv saturat, şi deci incapabil să mai absoarbă căldura reziduală generată de activităţile care ne definesc, punând capăt vieţii şi minţii? în formularea lamentoasă a lui Russell, e adevărat că „toate strădaniile din toate vremurile, toată devoţiunea, toată inspiraţia, toată strălucirea amiezii geniului uman sunt destinate dispariţiei în vasta moarte a sistemului solar, şi că întregul templu al realizărilor Omului trebuie inevitabil îngropat sub rămăşiţele

unui univers în ruine”?[17]

Acestea sunt unele dintre întrebările fundamentale pe care le vom explora în capitolele următoare. Dar am anticipat puţin. înainte de a discuta despre viaţă şi minte, trebuie să înţelegem ce rol joacă entropia şi legea a doua în formarea mediilor necesare pentru ca viaţa şi mintea să poată exista.

Pentru aceasta, să revenim la big bang.

---

7. Joc de copii în care jucătorii dau ocol unui cerc de scaune şi se aşază imediat ce muzica se opreşte. Numărul scaunelor este cu unul mai mic decât cel al persoanelor, iar cine rămâne în picioare părăseşte jocul, care continuă până rămâne o singură persoană (n. tr.).

8. Mănăstire budistă tibetană în regiunea Ladakh din nord-vestul Indiei (n. tr.).

3.ORIGINILE ŞI ENTROPIA

De la creaţie la structură

Când matematica le permite oamenilor de ştiinţă să privească în urmă până la o fracţiune de secundă după ceea ce se prea poate să fi fost începutul universului, proximitatea teritoriului aparţinând în mod tradiţional religiei le sugerează unora că există o alianţă profundă, o legătură profundă sau un conflict profund care abia aşteaptă să fie dezvăluite. De aceea, întrebările care mi se pun se referă la opiniile mele privind un creator, aproape la fel de des ca întrebările despre ştiinţă. De fapt, adesea întrebările includ ambele aspecte. Vom avea tot timpul să examinăm asemenea chestiuni în capitolele următoare, dar aici voi explora un punct de contact, evidenţiat în finalul capitolului precedent, care e esenţial pentru expunerea de ansamblu: dacă legea a doua a termodinamicii împovărează universul cu o creştere implacabilă a dezordinii, cum poate natura să producă atât de lesne structuri extrem de ordonate şi splendid configurate, de la atomi şi molecule la stele şi galaxii, la viaţă şi minte? Dacă universul a început cu o explozie, cum a putut acea desfăşurare incandescentă să dea naştere la toată organizarea – de la braţele spirale ale Căii

Lactee la superbele peisaje terestre, la conexiunile complexe şi circumvoluţiile creierului uman, la artele, muzica, poezia, literatura şi ştiinţa pe care le produc asemenea creiere?

Un răspuns, repetat de-a lungul timpului, la versiunile embrionare ale unor asemenea întrebări, este că ordinea a fost modelată din haos de o inteligenţă supremă. Experienţa umană e în acord cu formula aceasta de inspiraţie antropomorfă. La urma urmei, o mare parte din ordinea pe care o întâlnim zilnic în civilizaţia modernă *este* produsul inteligenţei. Dar o exegeză adecvată a legii a doua elimină necesitatea unui proiectant inteligent. într- un mod pe cât de remarcabil, pe atât de surprinzător, regiunile care conţin energie şi ordine concentrate (stelele fiind exemplul arhetipal) sunt consecinţa naturală a unui univers care se supune necondiţionat legii a doua şi devine tot mai *dezordonat* într-adevăr, aceste pungi de ordine se dovedesc a fi catalizatorii care fac ca, pe termen lung, universul să-şi realizeze potenţialul entropie. Pe parcurs, şi ca parte a acestui progres entropie, ele înlesnesc de asemenea apariţia vieţii.

Pentru a explora dansul între ordine şi dezordine executat de-a lungul istoriei cosmologice, să începem cu începutul.

O schiţă a big bang-ului

La jumătatea anilor 1920, preotul iezuit

Georges Lemaître a folosit noua descriere a gravitaţiei concepută de Einstein – teoria generală a relativităţii – pentru a dezvolta ideea radicală a unui cosmos care a început cu o explozie, şi de atunci a continuat să se extindă. Lemaître nu a fost un fizician de salon. El şi-a obţinut doctoratul la Institutul de Tehnologie din Massachusetts şi a fost printre primii oameni de ştiinţă care au aplicat ecuaţiile relativităţii generale cosmosului în ansamblu. Intuiţia lui Einstein, care-l călăuzise cu succes de-a lungul unui deceniu de minunate descoperiri privind natura spaţiului, timpului şi materiei, a fost că obiectele *din* univers au un început, o vârstă mijlocie şi un sfârşit, dar că universul însuşi a existat dintotdeauna şi va exista întotdeauna. Când analiza lui Lemaître a ecuaţiilor lui Einstein a sugerat altceva, Einstein a refuzat orice discuţie, spunându-i tânărului cercetător: „Calculele dumitale sunt corecte, dar fizica dumitale e abominabilă.”[1] Einstein a subliniat că poţi fi expert în manipularea ecuaţiilor, şi cu toate astea să-ţi lipsească discernământul ştiinţific pentru a decide care dintre acele manipulări matematice reflectă realitatea.

Câţiva ani mai târziu, Einstein a fost protagonistul uneia dintre cele mai faimoase schimbări de opinie ştiinţifică. Observaţii detaliate efectuate de astronomul Edwin Hubble la Observatorul Mount Wilson au dezvăluit că toate galaxiile îndepărtate sunt în mişcare. Ele

se îndepărtează cu repeziciune. Iar tiparul exodului lor – cu cât galaxia e mai departe, cu atât are o viteză mai mare – era în acord cu rezultatele matematice ale ecuaţiilor relativităţii generale. Acum, că datele observationale susţineau fizica abominabilă a lui Lemaître, Einstein a adoptat fără rezerve ideea unui univers care a avut un început.[2]

în secolul care a trecut de la calculele inovatoare ale lui Lemaître, teoria cosmologică iniţiată de el, împreună cu cercetările independente ale fizicianului rus Aleksandr Friedmann, au fost dezvoltate substanţial, şi s-a acumulat un corpus de dovezi observationale de la telescoape aflate la sol şi în spaţiu. Iată descrierea cosmologică modernă care s-a conturat: în urmă cu aproximativ paisprezece miliarde de ani, întregul univers observabil – tot ce putem vedea folosind cele mai puternice telescoape imaginabile – era comprimat într-un grăunte incredibil de dens, uluitor de fierbinte, care apoi s-a extins rapid. Răcindu-se pe măsură ce se dilata, particulele şi-au încetinit treptat mişcarea frenetică şi s-au agregat în bulgări, care cu trecerea timpului au format stele, planete, tot felul de resturi gazoase şi pietroase împrăştiate în spaţiu – şi pe noi.

în două fraze, aceasta e povestea. S-o detaliem. Să examinăm cum, fără intenţie sau proiect, fără premeditare sau judecată, fără planificare sau deliberare, cosmosul produce configuraţii de

particule ordonate meticulos, de la atomi până la stele şi la viaţă. Să înţelegem cum se împacă apariţia unor asemenea structuri ordonate cu decretul legii a doua privind creşterea implacabilă a dezordinii. Să urmărim pasul în doi entropie executat pe scena cosmologică.

Pentru aceasta, va trebui să înţelegem mai bine diverse detalii cosmologice. în primul rând, ce a determinat acel grăunte primordial să înceapă a se extinde? Sau, într-un limbaj mai colocvial, ce a declanşat big bang-ul?

Gravitaţie repulsivă

Antonimele abundă fiindcă experienţa e plină de contrarii. Ele nu lipsesc nici din fizică: ordine şi dezordine, materie şi antimaterie, pozitiv şi negativ. Dar, încă de pe vremea lui Newton, forţa gravitaţiei părea să nu se conformeze acestui tipar comun. Spre deosebire de forţa electromagnetică, care poate să atragă sau să respingă, gravitaţia părea să fie o forţă exclusiv atractivă. Potrivit lui Newton, gravitaţia exercită o atracţie între corpuri, indiferent dacă e vorba de particule sau planete, care le face să se apropie, dar niciodată invers. în absenţa unui principiu care să impună simetria tuturor acţiunilor naturii, majoritatea celor care au reflectat în profunzime asupra gravitaţiei au văzut în caracterul ei unilateral o calitate intrinsecă ce trebuie pur şi simplu acceptată. Einstein a

schimbat această viziune. Potrivit teoriei generale a relativităţii, forţa gravitaţională *poate* fi repulsivă. Newton nu a anticipat o gravitaţie repulsivă, şi nimeni nu a avut vreodată o asemenea experienţă. Dar gravitaţia repulsivă face exact ceea ce-i sugerează numele. în loc să tragă spre interior, ea împinge spre exterior. Potrivit ecuaţiilor lui Einstein, obiectele masive precum stelele şi planetele exercită versiunea atractivă obişnuită a gravitaţiei, dar există situaţii exotice în care forţa gravitaţională poate să îndepărteze lucrurile.

Deşi capacitatea forţei gravitaţionale de a fi repulsivă îi era cunoscută lui Einstein, precum şi unui număr de oameni de ştiinţă care s-au ocupat ulterior de teoria relativităţii generale, a fost nevoie de peste o jumătate de secol pentru a descoperi aplicaţia sa cea mai profundă. Ca tânăr cercetător postdoctoral care studia big bang-ul, Alan Guth şi-a dat seama că gravitaţia repulsivă ar putea fi soluţia unui mister cosmic derutant. Observaţiile au arătat că spaţiul se extinde. Ecuaţiile lui Einstein sunt de acord. Dar ele rămân mute în privinţa forţei care, cu miliarde de ani în urmă, a declanşat expansiunea. Analizele matematice detaliate ale lui Guth, care au culminat în decembrie 1979 cu o lungă noapte de calcule frenetice, au convins ecuaţiile să vorbească.

Guth a înţeles că, dacă o regiune a spaţiului era umplută cu un anumit tip de

substanţă, pe care mie îmi mie îmi place s-o numesc „combustibil cosmic”, şi dacă energia conţinută în combustibilul cosmic era răspândită uniform în întreaga regiune – nu concentrată în stele sau planete –, atunci forţa gravitaţională rezultantă ar fi fost într-adevăr repulsivă. Mai precis, calculele lui Guth au dezvăluit că, dacă o regiune minusculă, având poate un diametru de o miliardime de miliardime de miliardime de metru, e impregnată cu un anumit tip de câmp energetic (numit *câmp inflaton,* printr-o alterare deliberată a termenului „inflaţie”), şi dacă energia e distribuită uniform, la fel ca aburul a cărui densitate e aceeaşi în tot volumul unei saune, respingerea gravitaţională va fi atât de puternică, încât fărâma de spaţiu se va umfla *[inflate]* exploziv, extinzându-se aproape instantaneu până la dimensiunea universului observabil, dacă nu mult mai mult. Gravitaţia repulsivă ar declanşa astfel o explozie. Şi încă una mare: un big bang.[3]

La începutul anilor 1980, fizicianul sovietic Andrei Linde şi doi fizicieni americani, Paul Steinhardt şi Andreas Albrecht, au preluat ştafeta de la Guth şi au dus mai departe ideea, dezvoltând prima versiune complet viabilă a *cosmologiei inflationäre.* în deceniile următoare, aceste prime lucrări au inspirat mii de pagini de calcule matematice complicate şi un mare număr de simulări detaliate pe calculator,

umplând reviste de specialitate din întreaga lume cu explicaţii şi predicţii bazate pe ipoteza unui trecut inflationär. Multe dintre aceste predicţii au fost confirmate prin măsurători astronomice extrem de precise. Nu voi expune toate dovezile observaţionale care susţin cosmologia inflaţionară, un subiect tratat pe larg în multe articole şi cărţi, dar voi prezenta o reuşită pe care multi fizicieni o consideră cea mai convingătoare dintre toate. Ea este în acelaşi timp trăsătura de care vom avea nevoie pentru următorul pas al evoluţiei cosmice: formarea stelelor şi a galaxiilor.

Luminozitatea remanentă

Pe măsură ce universul timpuriu s-a extins cu repeziciune, căldura sa mistuitoare s-a răspândit într-un spaţiu tot mai vast, slăbind în intensitate şi răcindu-se treptat.[4] încă din anii 1940, mult înainte de elaborarea teoriei inflaţionare, fizicienii şi-au dat seama că, redusă în urma expansiunii spaţiale la o luminozitate domoală, căldura primordială trebuie să umple şi acum universul. Supranumită „luminozitatea remanentă a creaţiei” (sau, în jargon tehnic, „radiaţia cosmică de fond de microunde”), această remarcabilă relicvă cosmologică a fost detectată pentru prima oară în anii 1960 de Arno Penzias şi Robert Wilson, cercetători la Laboratoarele Beli, a căror antenă de telecomunicaţii perfecţionată a receptat întâmplător o radiaţie difuză care umple

spaţiul, cu o temperatură de numai 2,7 grade peste zero absolut, în acei ani, oricine ar fi putut detecta radiaţia: o parte a paraziţilor de pe ecranul unui televizor de tip vechi acordat pe un canal care şi-a încheiat emisia de seară se datorează acestui vestigiu al big hangului.

Cosmologia inflaţionară rafinează predicţia unei luminozităţi remanente luând în considerare mecanica cuantică, legile elaborate în primele decenii ale secolului XX pentru a descrie procesele fizice care au loc în lumea microscopică. Deoarece avem în vedere întregul univers, ceva mare, s-ar putea crede că preocuparea fizicii cuantice pentru lucrurile mărunte o fac irelevantă. Şi de n-ar fi cosmologia inflaţionară, intuiţia aceasta ar fi corectă. Dar, aşa cum întinderea unei bucăţi de spandex dezvăluie tiparul complicat al ţesăturii, întinderea spaţiului în urma unui impuls de expansiune inflaţionară dezvăluie trăsături cuantice îndeobşte restricţionate la lumea microscopică. în esenţă, expansiunea inflaţionară pătrunde în lumea microscopică şi face trăsăturile cuantice clar vizibile pe firmament.

Efectul cuantic cel mai relevant este chiar cel care a instituit o ruptură incontestabilă cu tradiţia clasică: *principiul de incertitudine al mecanicii cuantice.* Descoperit în 1927 de fizicianul german Werner Heisenberg, principiul de incertitudine a demonstrat că există caracteristici ale lumii – de pildă, poziţia

şi viteza unei particule – despre care un fizician clasic format în tradiţia lui Isaac Newton va susţine în mod intransigent că pot fi specificate cu certitudine completă, pe când un fizician cuantic îşi dă seama că ele sunt afectate de o neclaritate cuantică ce le face incerte. E ca şi cum tradiţia clasică vedea lumea prin ochelari curaţi, bine şlefuiţi, care formau o imagine perfectă a tuturor caracteristicilor fizice, în vreme ce ochelarii oferiţi de perspectiva cuantică sunt inerent înceţoşaţi. în lumea macroscopică de zi cu zi a experienţei comune, ceaţa cuantică e prea subţire pentru a ne stânjeni vederea, astfel încât perspectivele clasică şi cuantică sunt practic indiscernabile. Dar, cu cât scrutezi mai adânc, cu atât lentilele cuantice se aburesc, iar imaginea devine mai neclară.

Metafora aceasta ar putea sugera că tot ce avem de făcut e să curăţăm lentilele cuantice. Dar principiul de incertitudine a stabilit că, indiferent cât de exigenţi suntem şi cât de avansat este echipamentul pe care-l folosim, întotdeauna va exista un minimum de nebulozitate ce nu poate fi îndepărtată. în fapt, modul meu de exprimare trădează prejudecata experienţei umane. Realitatea cuantică *pare* ceţoasă numai prin comparaţie cu viziunea clasică, demonstrabil incorectă, pe care noi, oamenii, am descoperit-o mai întâi, fiindcă este deopotrivă mai simplă şi extraordinar de precisă la scara accesibilă simţurilor

omeneşti. De fapt, perspectiva clasică este cea care oferă o imagine aproximativă, deci imprecisă, a adevăratei realităţi cuantice.

Nu ştiu de ce realitatea e guvernată de legi cuantice. Nimeni nu ştie. Un secol de experimente a confirmat un munte de predicţii cuantice, şi de aceea oamenii de ştiinţă acceptă teoria. Chiar şi aşa, pentru cei mai multi dintre noi mecanica cuantică rămâne

*

complet străină, deoarece caracteristicile sale distinctive se manifestă pe distanţe atât de mici, încât sunt imperceptibile în viaţa cotidiană. în caz contrar, intuiţia comună ar fi modelată direct de procesele cuantice, iar fizica cuantică ar fi a doua noastră natură. Aşa cum implicaţiile fizicii newtoniene sunt imprimate în fiinţa noastră – putem prinde rapid un pahar în cădere, intuindu-i instantaneu traiectoria newtoniană –, la fel ar fi imprimată şi fizica cuantică. Dar, în absenţa unei asemenea intuiţii cuantice, ne bazăm pe experiment şi matematică pentru a ne modela cunoaşterea prin descrierea unor aspecte ale realităţii pe care nu le putem percepe direct.

Exemplul cel mai amplu discutat, pe care l-am menţionat deja, se leagă de comportamentul particulelor, care ne învaţă să modificăm traiectoriile precis definite din fizica clasică luând în considerare fluctuaţiile permanente rezultate din incertitudinea cuantică. Când o particulă se deplasează dintr-un

loc într-altul, un fizician clasic i-ar desena traiectoria cu un condei ascuţit, pe când un fizician cuantic ar întinde cu degetul cerneala umedă, făcând ca parcursul să fie difuz.[5] Dar relevanta mecanicii cuantice se extinde mult dincolo de mişcarea particulelor individuale, iar în privinţa cosmologiei, principiul de incertitudine cuantică are o influenţă decisivă asupra câmpului inflaton care alimentează expansiunea rapidă a spaţiului. Deşi câmpul inflaton am spus că e uniform, luând aceeaşi valoare în toate locurile din porţiunea de spaţiu supusă inflaţiei, incertitudinea cuantică tulbură această imagine. Incertitudinea suprapune uniformităţii clasice fluctuaţiile cuantice, cu rezultatul că valoarea câmpului şi deci energia sa sunt un pic mai mari aici, şi un pic mai mici acolo.

Când expansiunea inflaţionară extinde cu repeziciune aceste minuscule variaţii cuantice ale energiei, ele se răspândesc în spaţiu, făcând ca temperatura să fie puţin mai mare aici, şi puţin mai mică acolo. Nu cu mult. Analize matematice, efectuate de fizicieni pentru prima oară în anii 1980, au arătat că temperaturile punctelor calde şi reci diferă cu doar o parte la o sută de mii. Dar analizele matematice au sugerat totodată că aceste minuscule variaţii de temperatură sunt vizibile, dacă ştii cum să le cauţi. Calculele au arătat că fluctuaţiile cuantice

> *

astfel extinse produc un tipar distinct al

variaţiilor de temperatură în spaţiu, o amprentă cosmologică disponibilă pentru investigaţia astronomică. într- adevăr, de la începutul anilor 1990, telescoape amplasate deasupra distorsiunilor provocate de atmosfera terestră au confirmat cu tot mai mare precizie tiparul prezis al variaţiilor de temperatură.

Să ne oprim un moment pentru a asimila toate acestea. Fizicienii descriu primele momente ale universului folosind ecuaţiile lui Einstein, actualizate pentru a include ipoteticul câmp energetic al lui Guth, care umple spaţiul şi este supus incertitudinii cuantice pe care am învăţat- o de la Heisenberg. Analizele matematice ale exploziei inflaţionare dezvăluie apoi că ea trebuie să fi lăsat o amprentă de neşters, o relicvă a creaţiei sub forma unui tipar specific de minuscule variaţii de temperatură pe întinsul cerului nocturn. Termometre spaţiale sofisticate construite cu aproape 14 miliarde de ani mai târziu de o specie care tocmai a atins majoratul ştiinţific aici, în Calea Lactee, au detectat exact acel tipar.

Este un succes spectaculos, demonstrând încă o dată strania capacitate a matematicii de a rezuma tiparele naturii. Am exagera însă dacă am conchide că observaţiile dovedesc că s-a produs o explozie de expansiune inflaţionară. Când studiem evenimente cosmologice petrecute cu miliarde de ani în urmă, la energii probabil de milioane de miliarde de ori mai mari decât cele

accesibile în laborator, cel mai bun lucru pe care-l putem face e să combinăm observaţiile şi calculele pentru a da credibilitate explicaţiilor noastre. Dacă o explozie inflaţionară ar fi singura cale pentru a înţelege datele cosmologice, atunci încrederea noastră s-ar apropia de certitudine, dar de-a lungul anilor oameni de ştiinţă inventivi au elaborat şi alte abordări (cu una dintre ele ne vom întâlni în capitolul 10). Acestea fiind spuse, cred, la fel ca mulţi cercetători, că deşi trebuie să rămânem deschişi la ideile noi care contestă perspectivele dominante, dovezile în favoarea cosmologiei inflaţionare acumulate în ultimii patruzeci de ani sunt formidabile.[6] Din acest motiv, în continuarea călătoriei noastre vom urma, în cea mai mare parte, pista inflaţionară.

Să examinăm acum ce legătură există între un început inflaţionar şi tendinţa legii a doua către creşterea dezordinii.

Big bang-ul şi legea a doua

în pofida a secole de progres ştiinţific, nu suntem mai aproape de un răspuns la întrebarea lui Gottfried Leibniz – „De ce există ceva mai degrabă decât nimic?” – decât eram atunci când filozoful german a exprimat pentru prima oară această formulă sublimată a misterului existenţei. N-au lipsit ideile ingenioase şi teoriile îndrăzneţe, dar, punând o întrebare despre originea ultimă, căutăm un răspuns care să nu necesite un

antecedent, care nu doar să mute întrebarea cu un pas înapoi, căutăm un răspuns care să nu declanşeze noi întrebări precum „De ce au decurs lucrurile în felul *acesta,* şi nu într-uce/u?” sau „De ce *aceste* legi, şi nu *acelea?”.* Nici o explicaţie propusă până acum nu s-a apropiat măcar de răspuns.

Cadrul inflaţionar cu siguranţă nu a făcut-o. Inflaţia necesită o listă de ingrediente care include spaţiul, timpul, combustibilul cosmic care alimentează expansiunea (câmpul inflaton), precum şi întregul aparat tehnic al mecanicii cuantice şi al relativităţii generale, care ele însele se bazează pe matematică, de la calculul diferenţial cu mai multe variabile şi algebra liniară la geometria diferenţială. Nu se cunoaşte nici un principiu care să distingă un anumit set de legi fizice, articulate folosind un anumit set de constructe matematice, ca punctul de pornire inevitabil pentru explicarea universului. în schimb, noi, fizicienii, folosim observaţia şi experimentul, împreună cu o sensibilitate matematică intuitivă greu de descris, pentru a ne călăuzi către anumite legi fizice. După care analizăm legile cu ajutorul matematicii pentru a determina care au fost, dacă au fost, condiţiile de mediu în primele momente ale universului capabile să declanşeze expansiunea rapidă a spaţiului. Descoperind că, din fericire, există asemenea condiţii, postulăm că ele au fost întrunite aproape

de big bang şi folosim ecuaţiile pentru a determina ce s-a întâmplat în continuare.

Asta e tot ce putem face în prezent. Şi nu e puţin. Faptul că putem folosi matematica pentru a descrie ce credem că s-a petrecut în urmă cu aproape 14 miliarde de ani, iar pe baza aceasta să prezicem cu succes ce trebuie să vadă acum nişte telescoape puternice este într-adevăr impresionant. Fără îndoială, abundă întrebările profunde, de pildă „Ce sau cine a creat spaţiul şi timpul?”, „Ce sau cine a impus călăuza fermă a matematicii?”, „Ce sau cine e răspunzător pentru faptul că există ceva mai degrabă decât nimic?”; dar, în pofida acestor întrebări rămase fără răspuns, am progresat mult în cunoaşterea evoluţiei cosmice.

Intenţia mea aici e să folosesc aceste cunoştinţe pentru a înţelege în ce fel un univers cu entropie tot mai mare, destinat unei dezordini tot mai mari, creează din abundenţă ordine pe parcurs. Fixându- ne acest obiectiv, să pornim de la observaţia cea mai simplă, despre care am pomenit în capitolul anterior. Dacă entropia a crescut continuu de la big bang încoace, atunci la big bang entropia trebuie să fi fost mult mai mică decât în prezent.[7]

Ce să înţelegem de aici?

Probabil că v-aţi obişnuit deja să ridicaţi din umeri atunci când întâlniţi o configuraţie cu entropie înaltă – fie că e vorba de monede dispuse într-un amestec aleatoriu de aversuri şi reversuri, de

aburul care umple uniform baia sau de mirosurile care se răspândesc în toată casa. Configuraţiile cu entropie înaltă sunt previzibile, comune, banale. Dar, întâlnind o configuraţie cu entropie scăzută, vă daţi seama că reacţia trebuie să fie diferită. O configuraţie cu entropie scăzută e ceva special. E neobişnuită. Pretinde o explicaţie despre felul în care s-a ajuns la starea aceasta ordonată.

Aplicat universului timpuriu, acest raţionament a generat nu puţine angoase ştiinţifice şi filozofice. Prin ce forţă sau proces a dobândit universul timpuriu o entropie scăzută? O sută de monede arătând toate avers sunt o configuraţie cu entropie scăzută, care admite totuşi o explicaţie imediată – în loc să arunce monedele pe masă, cineva le-a aranjat cu grijă. Dar ce sau cine a aranjat configuraţia cu entropie deosebit de scăzută a universului timpuriu? în absenţa unei teorii complete a originilor cosmice, ştiinţa nu poate oferi un răspuns. De fapt, deşi întrebarea aceasta m-a ţinut treaz (literalmente) multe nopţi, ştiinţa nu poate încă determina dacă măcar e o problemă legitimă. A nu înţelege de ce există ceva mai degrabă decât nimic echivalează cu a nu avea mijloacele pentru a aprecia cât de exotic sau de obişnuit este acel ceva. Ca să evaluăm dacă condiţiile detaliate ale universului timpuriu merită o ridicare din umeri sau o privire miratã, trebuie mai întâi să descriem procesul prin care au fost stabilite acele condiţii.

Unul dintre scenariile examinate de cosmologi presupune că universul timpuriu a fost un mediu frenetic şi haotic, iar ca urmare valoarea câmpului inflaton a fluctuat violent în spaţiu, asemănător oarecum cu suprafaţa apei care fierbe. Pentru a genera gravitaţie repulsivă şi a declanşa explozia, avem nevoie de o mică regiune a spaţiului în care valoarea câmpului inflaton să fi fost uniformă (sau aproape, ţinând seama de agitaţia cuantică). Dar a găsi o asemenea regiune uniformă în mijlocul ondulaţiilor haotice e ca şi cum am fierbe un cazan cu apă şi am observa o regiune de pe suprafaţa sa agitată care brusc s-a aplatizat. Niciodată n-aţi văzut aşa ceva. Nu fiindcă e imposibil, ci fiindcă e extraordinar de improbabil. Pentru ca o regiune de pe suprafaţa apei care clocoteşte aleatoriu într-un cazan să aibă aceeaşi înălţime în acelaşi moment, formând o configuraţie plată, ordonată şi uniformă, cu entropie scăzută, ar fi nevoie de o coincidenţă uluitoare. Similar, pentru ca în unduirea sa violentă câmpul inflaton să fi căpătat o valoare uniformă într-o mică regiune a spaţiului, declanşând astfel expansiunea inflaţionară, de asemenea ar fi fost nevoie de o coincidentă uluitoare. Iar fără o explicaţie pentru felul în care s-a produs această configuraţie uniformă, specială, ordonată, cu entropie scăzută, fizicienii sunt profund neliniştiţi.[8]

încercând să scape de disconfort, unii

cercetători se bazează pe o observaţie simplă: dacă aştepţi suficient de mult, chiar şi lucrurile cele mai improbabile se vor întâmpla. Scuturã o sutã de monede de un număr suficient de ori, şi până la urmă toate vor fi avers. E recomandabil să nu vă ţineţi respiraţia în aşteptarea acestui rezultat, dar el se va produce. în mod asemănător, putem afirma că într-un mediu haotic în care valoarea câmpului inflaton fluctuează violent, mai devreme sau mai târziu, din pură întâmplare, va exista o minusculă regiune în care variaţiile aleatorii care fac ca valoarea câmpului să crească aici sau să scadă acolo se vor alinia, rezultatul fiind un câmp cu aceeaşi valoare în orice punct. Aceasta presupune baftă statistică, rezultând o ordine mai mare, deci o entropie mai scăzută, dar din când în când *se va* întâmpla. Nu des. Dar, potrivit acestei perspective, nu vă faceţi griji. întrucât toate manevrele acestea au avut loc într-o perioadă a preistoriei, înainte de expansiunea rapidă a spaţiului pe care o numim big bang, nu era nimeni în preajmă care să aştepte, cu braţele încrucişate şi bătând nervos din picior, declanşarea expansiunii inflaţionare. Să lăsăm aşadar ca prologul inflaţionar să dureze atât timp cât e nevoie. Doar atunci când apare bafta statistică a unui petic de câmp inflaton uniform lucrurile în sfârşit se schimbă: se declanşează big bang-ul, are loc inflaţia spaţiului şi începe spectacolul cosmologic.

Deşi nimic din toate acestea nu

răspunde la întrebările fundamentale privind originea (a spaţiului, a timpului, a câmpurilor, a matematicii etc.), ele arată cum un mediu haotic poate crea condiţiile speciale, ordonate, cu entropie scăzută, necesare inflaţiei. Atunci când o minusculă fărâmă de spaţiu face în sfârşit improbabilul salt statistic către entropie scăzută, gravitaţia repulsivă intră imediat în acţiune şi-l propulsează într-un univers în expansiune rapidă – big bang-ul.

Aceasta nu e singura propunere privind felul în care s-a declanşat expansiunea inflaţionară. Andrei Linde, unul dintre pionierii expansiunii inflaţionare, a remarcat sarcastic că pentru fiecare trei cercetători există cel puţin nouă opinii asupra acestui subiect.[9] Trebuie aşadar să lăsăm în seama unor viitoare cercetări, teoretice şi observaţionale, un răspuns mai clar la întrebarea cum a devenit o mică regiune a spaţiului umplută uniform cu un câmp inflaton, declanşând astfel o explozie de expansiune spaţială. Pentru moment, vom admite pur şi simplu că, într- un fel sau altul, universul timpuriu a făcut tranziţia către configuraţia aceasta foarte ordonată, cu entropie scăzută, declanşând explozia şi permiţându- ne să afirmăm că restul e istorie.

Din punctul acesta de pornire ne începem călătoria, explorând felul în care se formează structuri ordonate precum stelele şi galaxiile într-un univers care se precipită spre un viitor tot mai dezordonat.

Originea materiei şi naşterea stelelor

La miliardime de miliardime de miliardime de miliardime de secundă după big bang, gravitaţia repulsivă a făcut ca o regiune minusculă a spaţiului să se extindă enorm, poate mult mai mult decât e accesibil celor mai perfecţionate telescoape posibile.[10] Spaţiul a rămas umplut cu câmpul inflaton, dar după o altă minusculă fracţiune de secundă lucrurile aveau din nou să se schimbe. La fel ca energia din suprafaţa unui balon de săpun care se dilată, energia conţinută într-o regiune a spaţiului plină cu inflaton şi aflată în expansiune e precară. E instabilă. Aşa cum balonul de săpun va sfârşi prin a pocni, transformându-şi energia într-o ceaţă de mici picături de apă cu săpun, în cele din urmă şi câmpul inflaton „a pocnit” – s-a dezintegrat, transformându-şi energia într-o ceaţă de particule.

Nu cunoaştem exact identitatea acestor particule, dar putem afirma cu încredere că n-au fost constituenţi! obişnuiţi ai materiei despre care aţi învăţat la şcoală. După doar câteva minute însă, o cascadă de reacţii rapide între particule a avut loc pretutindeni în spaţiu – particulele grele s-au dezintegrat în jeturi de particule mai uşoare; particulele cu afinităţi puternice s-au unit în conglomerate compacte – transformând baia primordială într-o populaţie de protoni, neutroni şi electroni, substanţa materiei obişnuite (şi, probabil, o cantitate de alte particule mai exotice,

cum ar fi materia întunecată, atestate de o lungă istorie de observaţii astronomice[11]). La scurt timp după big bang, universul era aşadar plin cu o ceaţă fierbinte şi aproape uniformă de particule, unele cunoscute, altele mai puţin, plutind într-o întindere spaţială în expansiune.

Am nuanţat „uniform” cu „aproape”, deoarece fluctuaţiile cuantice ale câmpului inflaton nu doar că produc variaţii de temperatură în luminozitatea remanentă a big bang-ului, dar garantează de asemenea că, atunci când inflatonul se dezintegrează, densitatea particulelor rezultante variază uşor în spaţiu – fiind puţin mai mare aici, puţin mai mică acolo şi aşa mai departe. Aceste variaţii sunt esenţiale pentru ce se întâmplă în continuare: tendinţa de maximă importanţă către formarea unor acumulări de materie precum stelele şi galaxiile. O regiune ceva mai densă decât cele învecinate exercită o atracţie gravitaţională ceva mai mare, şi în consecinţă absoarbe un contingent mai mare din particulele înconjurătoare. Regiunea devine astfel şi mai densă, aşa încât exercită o atracţie gravitaţională şi mai mare, absorbind încă şi mai multă materie. Este un efect al bulgărelui de zăpadă sub acţiunea gravitaţiei care produce acumulări de materie tot mai mari. într-un timp suficient de lung, de ordinul a sute de milioane de ani, bulgărele de zăpadă gravitaţional va produce acumulări de particule atât de

masive, atât de comprimate şi atât de fierbinţi, încât sunt amorsate procese nucleare, dând naştere stelelor. Incertitudinea cuantică, amplificată de expansiunea inflaţionară şi concentrată prin efectul bulgărelui de zăpadă gravitaţional, are ca rezultat punctele luminoase presărate pe cerul nopţii.

întrebarea, aşadar, este: cum se împacă procesul de formare a stelelor, în care gravitaţia obligă o baie dezordonată şi aproape uniformă de particule să formeze structuri astrofizice ordonate, cu decretul legii a doua privind creşterea dezordinii? Pentru a răspunde, trebuie să examinăm ceva mai atent căile care duc la creşterea entropiei.

Obstacole pe drumul spre dezordine

în timp ce pâinea se coace în cuptor, particulele eliberate se răspândesc, ocupând un volum tot mai mare, astfel încât entropia lor creşte. Dar, dacă te afli într-o cameră mai îndepărtată, nu vei savura imediat aroma pâinii proaspete. E nevoie de timp ca mirosul să se răspândească în toată casa. Trebuie să aştepţi ca moleculele aromei să migreze şi să ocupe aranjamentele cu entropia cea mai înaltă disponibile, în general, sistemele fizice nu sar direct în configuraţia cu entropie maximă. în schimb, în timp ce particulele sistemului rătăcesc la întâmplare, entropia creşte treptat către valoarea maximă posibilă.

Pe calea către o entropie mai înaltă pot exista şi obstacole care împiedică progresul. Etanşaţi cuptorul sau închideţi uşa de la bucătărie, şi aromei îi va fi mai greu să se răspândească, încetinind astfel creşterea entropiei. Asemenea obstacole se datorează intervenţiei umane, dar există şi situaţii în care obstacolele entropice apar chiar din legile care guvernează interacţiunile fizice. Un exemplu care- mi este bine-cunoscut din cauza unui accident din copilărie implică de asemenea un cuptor.

într-o zi, pe când eram în clasa a patra, m-am întors de la şcoală şi am vrut să încălzesc o bucată de pizza rămasă pe care am găsit-o în frigider. Am reglat cuptorul la două sute de grade, am strecurat pizza pe grătarul din mijloc şi am aşteptat. După vreo zece minute am verificat progresul, şi spre surprinderea mea pizza era la fel de rece ca atunci când am despachetat-o. Mi-a trecut atunci prin minte că, deşi pornisem gazul, uitasem să-l şi aprind. Urmând o procedură pe care-o văzusem la părinţii mei de sute de ori, m-am aplecat asupra cuptorului şi am aprins un chibrit, cu intenţia să-l vâr în micul orificiu. între timp însă, în cuptor se acumulase o cantitate mare de gaz, care a explodat atunci când am aprins chibritul. Un zid de foc s-a năpustit asupra mea. Am închis ochii, dar flacăra mi-a pârlit genele, sprâncenele, lăsându-mi pe faţă şi urechi arsuri de gradul al doilea şi al treilea. Această lecţie nemijlocită de viaţă,

subliniată de părinţii mei şi consolidată de lunile de vindecare dureroasă, s-a concentrat pe utilizarea adecvată a instalaţiilor din bucătărie. (Până la urmă am redevenit stăpân pe situaţie, şi acum eu gătesc de cele mai multe ori – deşi mă încearcă o uşoară nelinişte atunci când copiii mei, pregătindu-şi singuri mâncarea, aprind cuptorul.) Dar semnificaţia ştiinţifică mai largă este că pot exista piedici în călătoria spre o entropie mai înaltă ce pot fi depăşite doar cu ajutorul unui catalizator. Iată la ce mă refer.

Gazul natural (format mai ales din metan, un compus al carbonului cu hidrogenul) poate coexista paşnic cu oxigenul din aer; moleculele gazelor se pot amesteca între ele fără incidente. Totuşi, pe măsură ce moleculele se răspândesc şi se amestecă, o configuraţie distinctă şi cu entropie mult mai înaltă se profilează la orizont. Dar acea configuraţie nu poate fi atinsă permiţând pur şi simplu moleculelor să se risipească în continuare. Configuraţia cu entropie mai înaltă necesită o reacţie chimică. Nu vă bateţi capul cu amănuntele, îngăduiţi-mi doar o explicaţie succintă. O moleculă de gaz natural se poate combina cu două molecule de oxigen, rezultând o moleculă de dioxid de carbon, două de apă şi, cel mai important, o cantitate de energie. La nivelul moleculelor, asta se înţelege prin arderea gazului natural. Reacţia chimică eliberează energia înmagazinată în

legăturile strânse care menţin integritatea moleculelor de gaz, cam ce se întâmplă atunci când se rup nişte benzi de elastic întinse. în pozna mea cu cuptorul, explozia de energie mistuitoare – molecule foarte agitate şi în deplasare rapidă – mi-a pârlit faţa. Toate acestea ne spun că, prin eliberarea energiei depozitate în legături chimice ordonate şi transformarea ei în mişcarea rapidă şi haotică a unor molecule, asemenea reacţii chimice produc o creştere bruscă a entropiei.

Deşi amănuntele sunt specifice păţaniei regretabile a unui copil, episodul demonstrează un principiu fizic cu aplicabilitate largă. Pe drumul entropie pot exista reductoare de viteză: lăsate în voia lor, gazul natural şi oxigenul nu se vor combina, ele nu vor arde şi nu vor atinge configuraţia cu cea mai mare entropie disponibilă. Aceşti constituenţi chimici pot înlătura obstacolul entropie numai cu ajutorul unui catalizator capabil să iniţieze reacţia. Pentru mine, catalizatorul a fost un chibrit aprins. Mica flacără aprinsă de eul meu din clasa a patra a declanşat un efect de domino. Energia flăcării a rupt legăturile unora dintre moleculele de gaz natural, permiţând atomilor de carbon şi hidrogen astfel eliberaţi să se combine cu atomi de oxigen din mediu, ceea ce a eliberat o cantitate suplimentară de energie, care a dezagregat alte molecule de gaz natural, ducând procesul mai departe. Şi mai departe. Explozia a fost cascada de

energie generată prin rearanjarea rapidă a legăturilor chimice.

De remarcat că legăturile chimice se bazează pe forţa electromagnetică. Protonii cu sarcină pozitivă atrag electronii cu sarcină negativă („sarcinile electrice de semn opus se atrag”), prinzând atomii constituenţi în copcile legăturilor moleculare. Ceea ce înseamnă că saltul entropie, de la amestecul paşnic al moleculelor de gaz la combustia explozivă generată de ruperea şi formarea de legături chimice, e determinat de forţa electromagnetică. Acesta e cazul multora dintre procesele de creştere a entropiei pe care le observăm în viaţa de zi cu zi.

Deşi mai puţin familiar aici, pe Pământ, în episoade care se desfăşoară în mod repetat în cosmos, evoluţia către o entropie mai înaltă e frecvent determinată de celelalte forte ale naturii:

*

forţa gravitaţională şi forţele nucleare (forţa nucleară tare menţine coeziunea nucleelor atomice, în vreme ce forţa nucleară slabă generează dezintegrarea radioactivă). Şi, foarte asemănător cu ce am văzut în cazul forţei electromagnetice, nici calea către o entropie mai înaltă marcată de gravitaţie şi forţele nucleare nu e neapărat netedă. Pot fi obstacole, şi adesea sunt. Felul în care universul depăşeşte aceste obstacole – analogul cosmic al chibritului aprins de mine – e o problemă subtilă, dar trebuie să ne preocupe pe toţi în cel mai înalt grad. Printre structurile tranzitorii care se

formează în timp ce gravitaţia şi forţele nucleare conduc universul către o entropie mai înaltă se numără stelele şi planetele, iar aici, pe Pământ, viaţa. Cu toată măreţia lor, aceste aranjamente ordonate sunt motoarele naturii, utilizând gravitaţia şi forţele nucleare pentru a propulsa cosmosul spre realizarea potenţialului său entropie.

Să ne ocupăm mai întâi de gravitaţie.

Gravitaţie, ordine şi legea a doua

Gravitaţia este cea mai slabă dintre forţele naturii, fapt pus în evidenţă printr-o demonstraţie simplă. Luaţi o monedă. Muşchii din braţul vostru învinge atracţia gravitaţională a întregului Pământ. Indiferent dacă vă consideraţi musculos sau nu, victoria asupra atracţiei gravitaţionale a planetei evidenţiază slăbiciunea intrinsecă a gravitaţiei. Singurul motiv pentru care suntem conştienţi de gravitaţie e caracterul ei de forţă cumulativă: fiecare părticică a Pământului atrage fiecare părticică a unei monede, fiecare părticică a acestei cărţi, fiecare părticică din voi, iar cum Pământul e foarte masiv, aceste atracţii se însumează în forţele îndreptate în jos pe care le simţim. Dar atracţia gravitaţională între două obiecte mai mici, de exemplu doi electroni, este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai slabă decât forţa

*

lor de respingere electromagnetică.

Slăbiciunea intrinsecă a gravitaţiei este motivul pentru care nici măcar nu am menţionat-o în anterioara noastră explorare a entropiei. Dacă am include efectele gravitaţiei în situaţii cotidiene precum răspândirea aburului în baie sau a mirosurilor în casă, discuţia despre entropie practic nu s-ar modifica. Sigur, gravitaţia trage uşor în jos moleculele, făcând ca densitatea aburului să fie puţin mai mare aproape de podeaua băii, dar efectul e atât de mic, încât pentru o înţelegere calitativă nu contează. Totuşi, dacă ne mutăm atenţia de la cotidian şi luăm în considerare procese astronomice implicând considerabil mai multă materie, descoperim o interacţiune extrem de importantă între entropie şi forţa gravitaţională.

Recunosc că ideile pe care le voi explica acum sunt destul de dificile, aşa că pentru un rezumat puteţi sări la secţiunea următoare imediat ce discuţia devine prea sofisticată pentru gustul vostru. Dar dacă mă însoţiţi, recompensa merită efortul: înţelegerea felului cum gravitaţia sculptează în mod spontan ordine dintr-un cosmos tot mai dezordonat.

Imaginaţi-vă o versiune cosmică a scenariului cu coacerea pâinii. în locul casei voastre, imaginaţi-vă o cutie enormă, mult mai mare decât Soarele, plutind într-un spaţiu altminteri gol. Iar în locul aromelor care se strecoară din cuptor, imaginaţi-vă că în mijlocul cutiei pornim cu o sferă de gaz (pentru precizie,

imaginaţi-vă că e hidrogen, cel mai simplu element din tabelul periodic), ale cărui molecule se scurg spre exterior. Din experienţa cu aroma pâinii care se împrăştie în toată casa, ne aşteptăm ca gazul să evolueze spre o entropie mai înaltă, moleculele dispersându-se până când umplu uniform cutia. Dar acum să schimbăm puţin lucrurile. Spre deosebire de exemplul cu coacerea pâinii, să adăugăm atât de multe molecule în sfera de gaz, încât gravitaţia *să conteze:* atracţia gravitaţională pe care o simte fiecare moleculă, datorită atracţiei combinate, exercitată de numărul colosal al tuturor celorlalte molecule de gaz, îi influenţează semnificativ mişcarea. Cum ne modifică acest lucru concluzia?

Ei bine, puneţi-vă în locul unei molecule de gaz aflate în fruntea migraţiei spre exterior. Pe măsură ce vă îndepărtaţi de roiul central, simţiţi cum atracţia gravitaţională exercitată de toate celelalte molecule vă trage înapoi. Forţa aceea vă încetineşte. Viteză mai mică înseamnă temperatură mai scăzută. Prin urmare, pe măsură ce norul de gaz îşi măreşte volumul total extinzându-se, temperatura scade către frontieră. Reţineţi acest lucru, iar acum să sărim împreună la perspectiva unei molecule din apropierea masei centrale a norului. Fiind mai aproape, simţiţi o atracţie gravitaţională mult mai puternică în comparaţie cu precedenta experienţă pe o frontieră îndepărtată. De fapt, dacă numărul moleculelor e suficient

de mare, atracţia gravitaţională combinată va fi suficient de puternică pentru a vă împiedica să vă deplasaţi spre exterior, în schimb, veţi fi atraşi spre interior. Veţi cădea spre centrul norului de gaz, acumulând viteză pe parcurs. Viteză mai mare înseamnă temperatură mai mare, aşa încât, pe măsură ce gravitaţia face ca nucleul norului de gaz să se comprime, reducându-şi volumul, temperatura lui va creşte.

în comparaţie cu ce ne aşteptăm când coacem pâine – ca, în timp, gazul să se distribuie uniform în cutie şi să atingă o temperatură uniformă vedem că atunci când gravitaţia contează, lucrurile decurg complet diferit. Datorită gravitaţiei, unele molecule sunt atrase într-un nucleu mai dens şi mai fierbinte, pe când altele migrează spre exterior, în stratul înconjurător mai rece şi mai difuz.

Oricât de modeste ar putea să pară aceste observaţii, am descoperit una dintre cele mai influente mâini călăuzitoare ale ordinii în univers. Să explic.

Nu vi s-a întâmplat niciodată să luaţi ceaşca cu cafeaua de dimineaţă şi să constataţi că e mai fierbinte decât atunci când ati turnat-o. Aceasta deoarece căldura se scurge numai de la temperatură mai înaltă la temperatură mai scăzută, astfel încât cafeaua fierbinte îşi transferă o parte din căldură mediului mai rece, reducându-şi temperatura.[12] Pentru norul mare de gaz, căldura curge

de asemenea de la nucleul central fierbinte la stratul înconjurător mai rece. Nu vă pot reproşa dacă credeţi că fluxul acesta de căldură va răci nucleul şi va încălzi stratul exterior, apropiindu-le temperaturile, la fel cum căldura transferată de cafea aerului apropie temperatura ceştii fierbinţi de cea a camerei. Dar – fapt remarcabil şi deosebit de important – atunci când gravitaţia regizează spectacolul, concluzia e inversată. *Când căldura se scurge din nucleu, nucleul se încălzeşte, iar stratul exterior se răceşte.*

Fără îndoială că aceasta contravine intuiţiei, dar pentru a înţelege trebuie doar să unim punctele pe care deja le-am marcat. Pe măsură ce stratul înconjurător absoarbe căldură din nucleu, energia suplimentară face ca norul să se dilate şi mai mult. Din nou, moleculele care se deplasează spre exterior sunt frânate de atracţia gravitaţională spre interior, şi deci sunt încetinite şi mai mult.[13] Efectul net este că temperatura stratului în expansiune scade, nu creşte. Invers, pe măsură ce nucleul pierde căldură, diminuarea energiei face ca el să se contracte şi mai mult. Moleculele care se deplasează spre interior, mişcându-se în aceeaşi direcţie ca atracţia gravitaţională, îşi măresc viteza în timp ce cad, astfel încât temperatura nucleului care se contractă creşte, nu scade.

Dacă şi cafeaua s-ar comporta la fel, ar fi recomandabil s-o beţi repede. Cu cât aţi

aştepta mai mult, cu atât ar ceda mai multă căldură aerului înconjurător şi s-ar înfierbânta mai tare. în cazul cafelei, asta e absurd. Dar, în cazul unui nor de gaz suficient de mare încât gravitaţia să joace un rol dominant, tocmai asta se întâmplă.

Reflectaţi un moment asupra acestei concluzii şi veţi înţelege că ne aflăm în faţa unui proces de autoamplificare, foarte asemănător cu ce se întâmplă în cazul unui credit – cu cât datorezi mai mult, cu atât dobânda creşte, şi datoria ta devine mai mare, ducând la un ciclu în spirală. în cazul unui nor de gaz, pe măsură ce nucleul se contractă, iar temperatura lui creşte, el va ceda şi mai multă căldură mediului înconjurător mai rece, făcând ca nucleul să se contracte şi mai mult, iar temperatura lui să crească şi mai mult. Concomitent, căldura absorbită de stratul exterior face ca el să se dilate şi mai mult, iar temperatura lui să scadă şi mai mult. Diferenţa tot mai mare de temperatură între nucleu şi stratul exterior determină o curgere şi mai viguroasă a căldurii şi perpetuează ciclul în spirală.

în lipsa unei intervenţii sau a modificării condiţiilor, un asemenea ciclu de autoamplificare continuă neabătut. în cazul unei datorii în creştere, intervenţia constă în a plăti sau a declara faliment, în cazul nucleului comprimat care devine tot mai fierbinte, natura intervine cu un nou proces fizic: *fuziunea nucleară.* Când un ansamblu de atomi devine suficient de fierbinte şi de dens, ei se ciocnesc cu

asemenea forţă, încât se contopesc la un nivel mai profund decât în procesele chimice precum arderea gazului natural. în vreme ce arderea chimică este o reacţie implicând electronii care învăluie atomii, fuziunea nucleară este o reacţie care uneşte nucleele din centrul atomilor. Printr-o asemenea contopire profundă, fuziunea nucleară generează cantităţi mari de energie manifestate sub forma unor particule în mişcare rapidă. O asemenea mişcare termică rapidă este cea care generează o presiune spre exterior capabilă să echilibreze forţa îndreptată spre interior a gravitaţiei. Prin urmare, fuziunea nucleară din centrul norului de gaz stăvileşte contracţia. Rezultatul e o sursă concentrată, stabilă şi neîntreruptă de căldură şi lumină.

S-a născut o stea.

Pentru a evalua cum punctează procesul de formare pe tabela de marcaj a entropiei, să însumăm contribuţiile. Atât nucleul norului de gaz, care devine steaua, cât şi stratul de gaz care-l înconjoară sunt supuse la două efecte entropice concurente. în cazul nucleului, temperatura creşte, ceea ce măreşte entropia, iar volumul scade, ceea ce reduce entropia. Numai calcule detaliate[14] pot stabili învingătorul, rezultatul fiind că scăderea depăşeşte creşterea, aşa încât entropia netă a nucleului scade. Formarea unor acumulări gravitaţionale mari, precum stelele, este într-adevăr un pas către o ordine mai mare. în cazul stratului

exterior, volumul creşte, ceea ce măreşte entropia, iar temperatura scade, ceea ce reduce entropia. Din nou, sunt necesare calcule detaliate pentru stabilirea câştigătorului, rezultatul fiind că creşterea depăşeşte scăderea, astfel încât entropia netă a stratului exterior creşte. La fel de important, calculele stabilesc că creşterea entropiei stratului exterior depăşeşte scăderea entropiei nucleului, asigurând astfel ca rezultatul întregului proces să fie o creştere globală a entropiei, şi obţinând o binemeritată încuviinţare din partea legii a doua.

Succesiunea evenimentelor, fără îndoială mult idealizate şi simplificate, arată cum o stea – un pachet de entropie joasă, un pachet de ordine – poate fi produsă spontan, deşi nici un inginer nu-i dirijează acţiunea, şi deşi legea a doua a termodinamicii, care dictează creşterea entropiei totale, rămâne pe deplin valabilă. în comparaţie cu un motor cu aburi, instalaţia cosmică e mai exotică, dar ceea ce am găsit e doar un alt exemplu al pasului în doi entropie. La fel cum un motor cu aburi şi mediul său înconjurător se angajează într-un dans termodinamic – motorul eliberează căldură
reziduală, reducându-şi entropia, în timp ce mediul absoarbe căldura, mărindu-şi entropia –, un nor de gaz suficient de mare încât gravitaţia să conteze se angajează într-un *pas de deux* analog. Pe măsură ce nucleul unui asemenea nor de

gaz se contractă sub atracţia gravitaţiei, entropia lui scade, dar în decursul procesului el eliberează căldură, care face ca entropia mediului înconjurător să crească. O regiune locală de ordine este creată într-un mediu care suferă o creştere mai mult decât compensatoare a dezordinii.

Noua trăsătură a versiunii gravitaţionale a pasului în doi entropie este faptul că acesta se autoîntreţine. Pe măsură ce norul de gaz se contractă şi emite căldură, temperatura lui creşte, făcând ca şi mai multă căldură să curgă spre exterior şi permiţând ca dansul să continue. Dimpotrivă, atunci când motorul cu aburi efectuează lucru mecanic şi emite căldură, temperatura lui scade. Dacă nu continuăm să ardem combustibil pentru a reîncălzi aburul, motorul se opreşte. De aceea, motorul cu aburi necesită o inteligenţă abilă care să-l proiecteze, să-l construiască şi să-l alimenteze, pe când regiunea de ordine creată prin contracţia unui nor de gaz – o stea – e sculptată şi alimentată de forţa oarbă a gravitaţiei.

Fuziune, ordine şi legea a doua

Să facem bilanţul.*

Când influenţa gravitaţiei e minimă, legea a doua conduce sistemul către omogenitate. Lucrurile se împrăştie, energia se răspândeşte, entropia creşte. Dacă asta ar fi tot, povestea universului,

de la început până la sfârşit, ar fi anostă. Dar, atunci când există suficientă materie pentru ca influenţa gravitaţiei să fie semnificativă, legea a doua face o schimbare rapidă de direcţie şi îndepărtează sistemul de la omogenitate. Materia se agregă aici şi se împrăştie acolo. Energia se concentrează aici şi se răspândeşte acolo. Entropia scade aici şi creşte acolo. Felul în care directiva legii a doua e dusă la îndeplinire depinde aşadar critic de forţa gravitaţională. Acolo unde e destulă gravitaţie – destulă materie suficient de concentrată – se pot forma structuri ordonate. Cu acestea, povestea evoluţiei universului devine mult mai bogată.

După cum am arătat, rolul principal în acest proces e jucat de forţa gravitaţiei. Prin comparaţie, forţa nucleară tare, responsabilă pentru fuziune, pare categoric secundară. Sarcina ei pare limitată la o intervenţie: rezultatul fuziunii este presiunea spre exterior care stăvileşte colapsul provocat de gravitaţie. într-adevăr, oamenii de ştiinţă se rezumă adesea la a spune că gravitaţia e sursa ultimă a tuturor structurilor din cosmos, refuzând să acorde vreun rol forţei nucleare. Dar o evaluare mai

*

generoasă afirmă că există un parteneriat echitabil între gravitaţie şi forţa nucleară, care lucrează în tandem pentru a continua naraţiunea legii a doua.

Aspectul important este că şi forţa

nucleară dansează pasul în doi entropie. Atunci când nucleele atomice fuzionează – precum în Soare, unde în fiecare secundă miliarde şi miliarde de nuclee de hidrogen fuzionează în heliu –, rezultatul este o aglomerare de atomi mai complexă, cu o organizare mai complicată şi o entropie mai scăzută. în decursul procesului, o parte din masa nucleelor iniţiale e convertită în energie (conform formulei $E = mc^2$), cea mai mare parte sub forma unei jerbe de fotoni care încălzeşte interiorul stelei şi alimentează emisia de lumină de la suprafaţa sa. Prin intermediul acestei lumini stelare arzătoare, ea însăşi un torent de fotoni care se revarsă spre exterior, steaua transferă cantităţi uriaşe de entropie mediului înconjurător. într-adevăr, la fel ca în cazul motorului cu aburi sau al norului de gaz care se contractă, creşterea entropiei mediului compensează din plin scăderea entropiei datorată fuziunii nucleelor, asigurând că entropia netă creşte, şi legea a doua nu e încălcată nici de data asta.

La fel cum gazul natural şi oxigenul au nevoie de un catalizator (de pildă, chibritul aprins de mine) pentru a iniţia arderea chimică nucleele atomice au nevoie de un catalizator care să declanşeze fuziunea nucleară. în cazul stelelor, acel catalizator nu este altul decât forţa gravitaţiei, care comprimă materia din zona centrală până când aceasta devine suficient de fierbinte şi de

densă pentru amorsarea fuziunii. Odată ce fuziunea începe, ea poate alimenta o stea timp de miliarde de ani, sintetizând fără încetare nuclee atomice complexe, în timp ce extrage un depozit de entropie altminteri inaccesibil pe care-o răspândeşte în exterior prin căldură şi lumină. Iar aşa cum vom discuta în capitolul următor, aceşti produşi – atomi complecşi şi un flux continuu de lumină – sunt esenţiali pentru formarea unor structuri încă şi mai bogate şi mai complicate, inclusiv noi înşine. Astfel, deşi gravitaţia este forţa vitală în formarea unei stele şi în menţinerea unui mediu stelar stabil, timp de miliarde de ani forţa nucleară este cea care luptă în prima linie, conducând atacul entropie. Din această perspectivă, rolul gravitaţiei se schimbă de la protagonist principal la partener indispensabil într-un lung duet.

Concluzia, antropomorfizată, este că universul utilizează în mod ingenios forţele gravitaţională şi nucleară pentru a pune stăpânire pe un depozit de entropie neatins, zăvorât în propriii săi constituenţi materiali. în absenţa gravitaţiei, particule uniform dispersate, precum aroma care umple o casă, ating starea cu cea mai înaltă entropie disponibilă. Dar, în prezenţa gravitaţiei, particulele care sunt comprimate în sfere masive şi dense susţinute de fuziunea nucleară fac ca entropia să crească şi mai mult.

Catalizată de gravitaţie şi executată de forţa nucleară, această versiune a pasului

în doi entropie e dansată de materie în întregul univers. Este un proces care a dominat coregrafia cosmică din primele momente de după big bang şi a produs un număr enorm de stele – structuri astronomice ordonate a căror căldură şi lumină, în cel puţin un caz, a permis apariţia vieţii. Această desfăşurare, aşa cum vom vedea în capitolul următor, implică un omolog al entropiei – evoluţia – capabil să modeleze cele mai complexe şi desăvârşite structuri din univers.

4. INFORMAŢIE ŞI VITALITATE

De la structură la viaţă

„Dragă profesore Schrodinger”, aşa începea modesta scrisoare din 1953 a biologului Francis Crick adresată lui Erwin Schrodinger, unul din părinţii fondatori ai mecanicii cuantice, laureatul Nobel pentru fizică pe 1933. „Watson şi cu mine discutam odată cum am ajuns să intrăm în domeniul biologiei moleculare, şi am descoperit că pe amândoi ne-a influenţat mica dumneavoastră carte *Ce este viata?.”* Crick se referea la cartea lui Schrodinger cu o exaltare abia stăpânită: „Ne-am gândit că poate v-ar interesa articolele anexate – veţi vedea că termenul dumneavoastră «cristal aperiodic» se pare că va fi foarte potrivit.”[1]

Acel Watson la care se referă Crick este, desigur, James Watson, coautor împreună cu Crick al „articolelor anexate”, care, abia ieşite de sub tipar, includeau o lucrare ştiinţifică destinată a fi printre cele mai faimoase din secolul XX. în formă publicată, manuscrisul acesta ocupă mai puţin decât o pagină de revistă, dar s-a dovedit suficient pentru a expune geometria de spirală dublă a ADN-ului şi a le aduce lui Crick şi Watson, împreună cu Maurice Wilkins de la King’s College,

Premiul Nobel pe 1962.[2] Fapt remarcabil, şi Wilkins a atribuit cărţii lui Schrodinger meritul de a-i fi aprins pasiunea pentru a determina baza moleculară a eredităţii; „Ea m-a pus în mişcare”, spunea Wilkins.[3]

Schrodinger a scris *Ce este viaţa?* în 1944, pe baza unei serii de conferinţe publice ţinute în anul precedent la Institutul pentru Studii Avansate din Dublin. Anunţându-şi conferinţele, Schrodinger a avertizat că subiectul era dificil, iar „prelegerile nu puteau fi considerate de popularizare”, un angajament lăudabil de explorare aprofundată a subiectului, fie şi cu riscul unei audienţe scăzute.[4] Cu toate acestea, în trei vineri consecutive din februarie 1943, în timp ce pe continent Al Doilea Război Mondial bântuia cu furie, peste patru sute de persoane – între care prim-ministrul irlandez, diverşi demnitari şi bogătaşi din înalta societate – au umplut până la refuz o sală de conferinţe situată la ultimul etaj al clădirii din piatră cenuşie Fitzgerald Building, în campusul de la Trinity College, pentru a-l asculta pe fizicianul născut la Viena luptându-se cu ştiinţele vieţii.[5]

Sarcina asumată de Schrodinger era să se apropie de răspunsul la o întrebare fundamentală: „Cum pot explica fizica şi chimia evenimente *în spaţiu şi timp* care au loc în limitele spaţiale ale unui organism viu?” Sau, într-o parafrază liberă: iepurii se deosebesc de pietre. Dar cum? Şi de ce? Fiecare e un ansamblu

enorm de protoni, neutroni şi electroni, iar toate aceste particule – indiferent că sunt conţinute într-o piatră sau un iepure – sunt guvernate de aceleaşi legi ale fizicii. Prin urmare, ce anume din ce se petrece în corpul unui iepure face ca ansamblul său de particule să se deosebească atât de profund de ansamblul de particule care alcătuiesc o piatră?

Este genul de întrebare pe care ar pune-o un fizician. De cele mai multe ori, fizicienii sunt reducţionişti, şi ca atare au tendinţa să caute explicaţii ale fenomenelor complexe care să se bazeze pe proprietăţile şi interacţiunile constituenţilor mai simpli. în vreme ce biologii definesc adesea viaţa prin activităţile sale esenţiale – viaţa absoarbe materie primă pentru alimentarea funcţiilor prin care se întreţine, elimină deşeurile generate de acest proces şi, în situaţiile cele mai favorabile, se reproduce –, Schrodinger a căutat un răspuns la întrebarea „Ce este viaţa?” care să se inspire din fundamentele fizice ale vieţii.

Seducţia reducţionismului e puternică. Dacă am putea să identificăm ce însufleţeşte un ansamblu de particule, ce magie moleculară aprinde focul vieţii, am face un pas semnificativ către înţelegerea originilor vieţii şi a eventualei sale răspândiri în cosmos. Cu peste o jumătate de secol mai târziu, în pofida marilor progrese în fizică şi, mai ales, în biologia moleculară, încă mai căutăm un răspuns la versiuni ale întrebării lui Schrodinger.

Deşi s-a avansat mult în descompunerea vieţii (şi a materiei în general) în părţile sale constitutive, cercetătorii încă se confruntă cu sarcina formidabilă de a explica limpede cum apare viaţa atunci când ansambluri din aceşti constituenţi sunt aranjate în anumite configuraţii. O asemenea sinteză este o componentă esenţială a programului reducţionist. La urma urmei, cu cât examinezi mai în detaliu ceva viu, cu atât mai greu îţi dai seama că trăieşte. Concentraţi-vă asupra unei singure molecule de apă, a unui atom de hidrogen sau a unui electron individual, şi veţi constata că nici unul nu poartă vreun indiciu că e constituentul a ceva viu sau mort, a ceva însufleţit sau neînsufleţit. Viaţa se recunoaşte după comportamentul colectiv, organizarea la scară mare, coordonarea atotcuprinzătoare a unui număr enorm de particule constituente – chiar şi o singură celulă conţine mai mult de un bilion de atomi. A încerca să

*

înţelegi viaţa concentrându-te asupra particulelor fundamentale e ca şi cum ai percepe o simfonie de
Beethoven instrument cu instrument, notă cu notă.

Schrodinger însuşi a pus accent în prima sa conferinţă pe o versiune a acestei probleme. Dacă un corp sau un creier ar putea fi influenţate de mişcarea întâmplătoare a unui atom sau a unui număr mic de atomi, perspectivele de supravieţuire ale acelui corp sau creier ar

fi sumbre. Pentru a evita o asemenea sensibilitate, a subliniat Schrodinger, corpurile şi creierele sunt alcătuite din ansambluri mari de atomi care-şi pot menţine funcţionarea globală extrem de coordonată, chiar dacă atomii individuali se agită aleatoriu. Prin urmare, scopul lui Schrodinger nu a fost să dezvăluie prezenţa vieţii într-un singur atom, ci, bazându-se pe cunoştinţele despre atomi, să construiască explicaţia unui fizician despre modul în care un ansamblu mare de atomi se poate organiza în ceva viu. În concepţia lui, aceasta era o căutare vastă care probabil va impune ca ştiinţa să-şi lărgească baza de structuri conceptuale, într-adevăr, într-un epilog la *Ce este viaţa ?* referitor la conştiinţă, Schrodinger i-a surprins pe unii (şi l-a pierdut pe primul său editor) atunci când a invocat Upanişadele hinduse pentru a sugera că suntem cu toţii parte a unui „sine etern, omniprezent şi atoatecunoscător”, iar liberul-arbitru pe care-l exercităm cu toţii reflectă puterile noastre divine.[6]

Deşi opinia mea despre liberul-arbitru se deosebeşte de cea a lui Schrodinger (aşa cum vom vedea în capitolul 5), împărtăşesc afinitatea lui pentru un orizont explicativ mai larg. Misterele profunde se cer clarificate printr-un set de poveşti ierarhizate. Indiferent că sunt reductioniste sau

*

emergente, matematice sau figurative, ştiinţifice sau poetice, cunoştinţele cele mai bogate le acumulăm abordând

problemele dintr-o gamă largă de perspective.

Poveşti ierarhizate

în ultimele câteva secole, fizica şi-a rafinat propria colecţie de poveşti ierarhizate, organizate în funcţie de distanţa pe care fiecare dintre ele este relevantă. Ea are un rol central în abordarea pe care noi, fizicienii, ne străduim s-o inculcăm studenţilor noştri. Pentru a înţelege cum o minge de baseball deformată momentan de lovitura fulgerătoare a bâtei lui Mike Trout[2] revine la forma sferică, trebuie să analizăm structura moleculară a mingii. La nivelul acesta, nenumărate forţe microfizice acţionează împotriva deformării şi lansează mingea pe traiectorie. Volumul de date necesare pentru a urmări mişcarea a bilioane de bilioane de molecule în timp ce mingea se roteşte şi zboară peste gardul terenului din stânga ar fi absolut incomprehensibil. Când e vorba de traiectorie, trebuie să ne ridicăm deasupra hăţişului molecular şi să examinăm mişcarea mingii ca un întreg. Trebuie să spunem o poveste înrudită, dar distinctă, situată la un nivel mai înalt.

Exemplul ilustrează o idee simplă, dar foarte relevantă: întrebările pe care le punem determină poveştile care oferă răspunsurile cele mai utile. Este o structură narativă care valorifică una dintre calităţile cele mai fortuite ale naturii. La orice scară universul e coerent. Newton nu ştia nimic despre cuarci şi

electroni, dar dacă-i precizai viteza şi direcţia unei mingi de baseball aşa cum a fost lansată de bâta lui Mike Trout, el i-ar fi calculat traiectoria chiar şi în somn. Datorită progreselor fizicii de la Newton încoace, am putut sonda straturi mai fine ale structurii, iar asta a adăugat mult la cunoaşterea noastră. Dar descrierea fiecărui pas are propriul său înţeles. în caz contrar – dacă, de exemplu, înţelegerea mişcării unei mingi de baseball ar necesita înţelegerea comportamentului cuantic al particulelor sale – e greu de văzut cum am fi progresat vreodată. Divide şi cucereşte a fost mult timp deviza fizicii, o strategie care a dus la triumfuri grandioase.

O sarcină la fel de importantă e sinteza poveştilor individuale într-o naraţiune fără discontinuităţi.

Pentru fizica particulelor şi a câmpurilor,[*] o asemenea sinteză a fost adusă la forma ei cea mai rafinată de Ken Wilson, care a obţinut astfel Premiul Nobel pe 1982.[7] Wilson a elaborat o procedură matematică pentru analiza sistemelor fizice pe un anumit interval de distante – de la scări mult mai mici decât, să zicem, cele testate de Marele Accelerator de Hadroni până la distanţele atomice mult mai mari accesibile de peste un secol – urmată de conectarea sistematică a poveştilor, lămurind cum fiecare dintre ele îi transmite următoareia încărcătura narativă pe măsură ce scara depăşeşte domeniul ei particular. Metoda, numită

grupul de renormare, ocupă un loc central în fizica modernă. Ea arată cum limbajul, cadrul conceptual şi ecuaţiile folosite pentru a analiza fizica la o anumită scară a distantelor trebuie modificate atunci când ne concentrăm asupra unei alte scări. Folosind-o pentru a crea un set ierarhizat de descrieri distincte şi a explica felul cum comunică fiecare cu cele învecinate, fizicienii au extras predicţii detaliate care au fost confirmate prin numeroase experimente şi observaţii.

Deşi tehnica lui Wilson e concepută pentru instrumentele matematice ale fizicii moderne a energiilor înalte (mecanica cuantică şi generalizarea sa, teoria cuantică a câmpurilor), ideea generală are o aplicabilitate largă. Există multe moduri de a înţelege lumea. în organizarea tradiţională a ştiinţelor, fizica se ocupă de particulele elementare şi diversele lor asocieri, chimia cu atomii şi moleculele, iar biologia cu viaţa. Categorisirea aceasta, aflată încă în uz, dar mult mai proeminentă pe când eram student, oferă o demarcare rezonabilă, deşi grosieră, a ştiinţelor în funcţie de scară. în perioada mai recentă însă, cu cât cercetătorii au mers mai în profunzime, cu atât ei au înţeles că stabilirea unor punţi între discipline este esenţială. Ştiinţele nu sunt separate. Iar atunci când atenţia se mută de la viaţă la viaţa inteligentă, alte discipline care se suprapun – limbaj, literatură, filozofie, istorie, artă, mit, religie, psihologie etc. – devin centrale

pentru cronică. Chiar şi un reducţionist ferm îşi dă seama că, oricât de absurd ar fi să explici traiectoria unei mingi de baseball în termenii mişcării moleculare, încă şi mai absurd ar fi să invoci o asemenea perspectivă microscopică pentru a explica ce simte jucătorul la bătaie în timp ce aruncătorul se pregăteşte, mulţimea vociferează, iar mingea se apropie cu viteză. în schimb, poveşti de nivel mai înalt spuse în limbajul reflecţiei umane oferă o înţelegere mult mai bună. Totuşi – şi asta e esenţial – poveştile acestea mai adecvate nivelului uman trebuie să fie compatibile cu explicaţia reducţionistă. Suntem fiinţe fizice supuse legilor fizice. Prin urmare, nu e nimic de câştigat dacă fizicienii susţin zgomotos că al lor este cadrul explicativ „cel mai fundamental”, sau dacă umanştii iau în derâdere aroganţa reducţionismului neînfrânat. O înţelegere rafinată se obţine integrând povestea fiecărei discipline într-o naraţiune fin structurată.[8]

în capitolul acesta adoptăm o perspectivă reducţionistă, admiţând că în capitole ulterioare vom explora viaţa şi mintea în acord cu o sensibilitate umanistă complementară. Aici vom discuta originea ingredientelor atomice şi moleculare necesare vieţii, originea unui mediu particular – Pământul şi Soarele – în care acele ingrediente s-au amestecat în proporţia corectă pentru ca viaţa să apară şi să prospere, şi vom explora

unitatea profundă a vieţii pe Pământ examinând unele structuri şi procese microfizice uimitoare comune tuturor fiinţelor vii.[9] Deşi nu vom răspunde la întrebarea despre originea vieţii (care este încă un mister), vom vedea că întreaga viaţă de pe Pământ poate fi urmărită în trecut până la o specie ancestrală unicelulară comună, delimitând astfel clar ceea ce o ştiinţă despre originea vieţii va trebui până la urmă să explice. Aceasta ne va conduce să examinăm viaţa din perspectiva termodinamică cu largă aplicabilitate, dezvoltată în capitolele precedente, arătând limpede că fiinţele vii sunt profund înrudite nu doar între ele, dar şi cu stelele şi cu motoarele cu aburi: viaţa este încă un mijloc folosit de univers pentru a elibera potenţialul de entropie zăvorât în materie.

Nu-mi propun să fiu enciclopedic, ci doar să ofer suficiente amănunte încât să simţiţi ritmurile naturii, tiparele ce reverberează de la big bang până la apariţia vieţii pe Pământ.

Originea elementelor

Măcinaţi ceva ce mai înainte a fost viu, disecaţi maşinăria sa moleculară complexă şi veţi găsi din abundenţă şase tipuri de atomi: carbon, hidrogen, oxigen, azot, fosfor şi sulf, o colecţie de elemente pe care studenţii şi-o amintesc uneori cu acronimul SPONCH (a nu se confunda cu

prăjitura mexicană cu acelaşi nume). De unde provin aceste ingrediente atomice ale vieţii? Răspunsul care s-a conturat reprezintă una dintre marile poveşti de succes ale cosmologiei moderne.

Reţeta pentru construirea unui atom, oricât de complex, pare simplă. Reuniţi numărul adecvat de protoni cu numărul adecvat de neutroni, îngrămădiţi-i într-o sferă compactă (nucleul), înconjuraţi-i cu un număr de electroni egal cu cel al protonilor şi plasaţi electronii pe orbitele specifice dictate de fizica cuantică. Atâta tot. Dificultatea tine

*

de faptul că, spre deosebire de piesele de Lego, constituenţii atomici nu se îmbină cu uşurinţă. Ei se atrag şi se resping puternic, făcând ca asamblarea nucleului să fie o sarcină dificilă. Protonii mai ales au cu toţii aceeaşi sarcină electrică pozitivă, aşa încât e nevoie de presiuni şi temperaturi enorme pentru ca ei să învingă respingerea electromagnetică reciprocă şi să se apropie suficient pentru ca forţa nucleară tare să domine, unindu-i într-o îmbrăţişare subatomică puternică.

Imediat după big bang, condiţiile au fost incomparabile cu tot ce a existat oriunde şi oricând mai târziu, deci par să fi oferit un mediu propice pentru învingerea respingerii electromagnetice şi asamblarea nucleelor atomice. S-ar putea presupune că, într-un amestec fenomenal de dens şi de energic de protoni şi neutroni ciocnindu-se unii de alţii, se vor

forma în mod natural aglomerări care vor duce la sinteza, rând pe rând, a tuturor speciilor de atomi din sistemul periodic. într-adevăr, asta au sugerat George Gamow (un fizician sovietic care în 1932, într-o primă încercare de evadare, a traversat Marea Neagră vâslind într-un caiac, aprovizionat mai ales cu cafea şi ciocolată) şi doctorandul său Ralph Alpher la finele anilor 1940.

Aveau parţial dreptate. O problemă de care şi-au dat seama este că în primele momente temperatura universului era prea mare. Spaţiul era inundat cu fotoni extraordinar de energici, care ar fi spulberat orice uniuni incipiente ale protonilor şi neutronilor. Dar, şi-au mai dat ei seama, cam un minut şi jumătate mai târziu – un timp lung ţinând cont de viteza ameţitoare cu care a evoluat universul timpuriu – situaţia s-a schimbat. Până atunci, temperatura a scăzut suficient pentru ca energiile tipice ale fotonilor să nu mai copleşească forţa nucleară tare, permiţând în fine ca uniunile de protoni şi neutroni să persiste.

A doua problemă, dezvăluită mai târziu, este că agregarea unor atomi complecşi e un proces complicat care necesită timp. E nevoie de o serie foarte specială de paşi în care numerele prescrise de protoni şi neutroni fuzionează în diverse formaţiuni, care apoi trebuie să întâlnească întâmplător anumite formaţiuni complementare, să fuzioneze şi cu acestea etc. La fel ca în reţeta unui bucătar

rafinat, ordinea în care se combină ingredientele e esenţială. Iar ceea ce face ca procesul să fie extrem de delicat este că unii compuşi intermediari sunt instabili, adică tind să se dezintegreze imediat ce s-au format, subminând pregătirile culinare şi încetinind sinteza atomică. Obstacolul acesta e important, deoarece scăderea constantă a temperaturii şi densităţii odată cu expansiunea rapidă a universului timpuriu face ca fereastra de oportunitate pentru fuziune să se închidă repede. La aproximativ zece minute după creaţie, temperatura şi densitatea scad sub pragul necesar pentru procesele nucleare.[10]

Când aceste consideraţii sunt transpuse cantitativ, conform procedurii iniţiate de Alpher în teza lui de doctorat şi perfecţionată ulterior de numeroşi cercetători, constatăm că imediat după big bang au fost sintetizate numai primele câteva specii atomice. Matematica ne permite să calculăm abundenţele lor relative: aproximativ 75% hidrogen (un proton), 25% heliu (doi protoni, doi neutroni) şi urme de deuteriu (o formă grea de hidrogen, cu un proton şi un neutron), heliu-3 (o formă uşoară de heliu cu doi protoni şi un neutron) şi litiu (trei protoni, patru neutroni).[11] Observaţii astronomice detaliate ale abundentelor atomice au confirmat că aceste rapoarte sunt exacte, un triumf al matematicii şi fizicii în înţelegerea proceselor detaliate care au avut loc la câteva minute după big

bang.

Dar ce se poate spune despre atomii mai complecşi, între care cei esenţiali pentru viaţă? Primele propuneri privind originea lor datează din anii 1920. Astronomul britanic Sir Arthur Eddington (care, întrebat fiind cum este să te afli printre singurele trei persoane care înţeleg relativitatea generală a lui Einstein, a dat răspunsul celebru „încerc să-mi imaginez cine e a treia persoană”) a avut ideea corectă: interiorul incandescent al stelelor ar putea oferi oalele pentru gătirea lentă a unor specii atomice mai complexe. Propunerea a trecut prin mâinile multor fizicieni străluciţi, inclusiv ale laureatului Nobel Hans Bethe (primul meu birou la facultate era lângă al său, şi puteam să-mi fixez ceasul după strănutul său sănătos de la ora patru după-amiaza) şi, poate mai relevant, ale lui Fred Hoyle (cel care, într-o emisiune din 1949 de la postul de radio BBC a făcut remarca dispreţuitoare că universul a fost creat într-un „big bang”, născocind astfel involuntar una dintre poreclele cele mai pline de miez din ştiinţă[12]), care au transformat sugestia într-un mecanism fizic matur, capabil şi de predicţii.

În comparaţie cu viteza ameţitoare a schimbării imediat după big bang, stelele oferă medii stabile care pot dăinui timp de milioane, dacă nu miliarde de ani. Instabilitatea unor formaţiuni intermediare încetineşte şi fuziunea în

stele, dar atunci când este timp la discreţie sarcina poate fi dusă la bun sfârşit. Aşa încât, spre deosebire de cazul big bang-ului, sinteza nucleelor în stele este departe de a se încheia odată cu fuziunea hidrogenului în heliu. Stelele suficient de masive vor continua să strivească nuclee laolaltă, obligându-le să fuzioneze în atomi mai complecşi din sistemul periodic, concomitent cu producerea unor cantităţi substanţiale de căldură şi lumină. De exemplu, o stea de douăzeci de ori mai masivă decât Soarele va petrece primii opt milioane de ani din viaţa sa fuzionând hidrogenul în heliu, iar următoarele câteva milioane de ani le va consacra fuziunii heliului în carbon şi oxigen. După care, temperatura nucleului stelei crescând continuu, banda transportoare accelerează tot mai mult: e nevoie de aproximativ o mie de ani ca steaua să-şi ardă rezerva de carbon, fuzionându-l în sodiu şi neon; în următoarele şase luni, fuziunea produce magneziu; timp de o lună, sulf şi siliciu; iar apoi, în doar zece zile, fuziunea arde atomii rămaşi, producând fier.[13]

Ne oprim la fier dintr-un motiv bine întemeiat. Dintre toate speciile de atomi, protonii şi neutronii fierului sunt cel mai strâns legaţi între ei. Asta contează. Dacă încerci să construieşti specii de atomi încă şi mai grei îndesând în nucleu protoni şi neutroni suplimentari, vei constata că nucleele de fier sunt prea puţin interesate să participe. Viguroasa îmbrăţişare

nucleară care menţine laolaltă cei douăzeci şi şase de protoni şi treizeci de neutroni deja a stors şi eliberat cantitatea maximă de energie posibilă fizic. Adăugarea unor protoni şi neutroni suplimentari va presupune un consum net, iar nu o producere de energie. Ca urmare, când se ajunge la fier, producerea ordonată prin fuziune a unor atomi mai mari şi mai complecşi, cu eliberarea simultană de căldură şi lumină, încetineşte până la oprire. La fel ca cenuşa din vatră, fierul nu mai poate să ardă.

Cum rămâne atunci cu speciile atomice cu nuclee încă şi mai mari, între care elemente utile precum cuprul, mercurul şi nichelul; favoriţi sentimentali precum argintul, aurul şi platina; şi elemente grele exotice precum radiul, uraniul şi plutoniul?

Oamenii de ştiinţă au identificat două surse pentru aceste elemente. Când nucleul unei stele e alcătuit mai ales din fier, reacţiile de fuziune nu mai generează energia şi presiunea spre exterior necesare pentru a contracara atracţia spre interior a gravitaţiei. Steaua începe să colapseze. Dacă e suficient de masivă, colapsul se accelerează într-o implozie atât de puternică, încât temperatura nucleului creşte vertiginos; materialul care suferă implozia ricoşează de nucleu şi declanşează o undă de şoc spectaculoasă, care se năpusteşte spre exterior. în timp ce unda de şoc vuieşte

dinspre nucleul stelei către suprafaţa sa, ea comprimă nucleele atomice întâlnite cu o asemenea furie, încât se formează o sumedenie de aglomerări nucleare mai mari. în vârtejul mişcării haotice a particulelor pot fi sintetizate toate elementele mai grele ale tabelului periodic, iar atunci când unda de şoc ajunge în sfârşit la suprafaţa stelei, ea expulzează în spaţiu acest bogat amestec atomic.

O a doua sursă de elemente grele sunt ciocnirile violente între stele neutronice, corpuri cereşti produse în agonia stelelor cu o masă de aproximativ zece până la treizeci de ori mai mare decât a Soarelui. Faptul că stelele neutronice sunt alcătuite mai ales din neutroni – particule cameleonice care se pot transforma în protoni – e de bun augur pentru construirea nucleelor atomice, dată fiind abundenţa materiei prime. Există însă un obstacol, anume că pentru a forma nuclee atomice neutronii trebuie să se elibereze din puternica strânsoare gravitaţională a stelei. Aici intervine salutar ciocnirea stelelor neutronice. Impactul poate arunca în spaţiu neutroni, care, neavând sarcină electrică, nu sunt supuşi respingerii electromagnetice şi ca atare se asociază mai uşor în grupuri. După ce o parte din aceşti neutroni se transformă cameleonic şi devin protoni (eliberând electroni şi anti-neutrini), obţinem o cantitate de nuclee atomice complexe. în 2017, ciocnirile stelelor neutronice au trecut din

domeniul speculaţiei teoretice în cel al faptului observaţional, atunci când oamenii de ştiinţă au detectat undele gravitaţionale generate de asemenea ciocniri (la scurt timp după ce au fost detectate primele unde gravitaţionale, produse de ciocnirea a două găuri negre). O serie de analize au determinat că ciocnirile stelelor neutronice produc elemente grele mai eficient şi mai abundent decât exploziile de supernovă, astfel încât e posibil ca majoritatea elementelor grele din univers să fi fost produse în aceste coliziuni astrofizice.

Fuzionate în stele şi ejectate în explozii de supernovă, sau expulzate în urma ciocnirilor stelare şi amalgamate în dâre de particule, o diversitate de specii atomice plutesc în spaţiu, unde formează vârtejuri şi se unesc în nori mari de gaz, care cu trecerea timpului se coagulează în stele şi planete, iar în cele din urmă în noi înşine. Aceasta e originea ingredientelor care alcătuiesc toate lucrurile pe care le cunoaştem.

Originea sistemului solar

Având cu puţin peste patru miliarde şi jumătate de ani, Soarele este un nou-venit în cosmos. El n-a făcut parte din prima generaţie de stele a universului. Am văzut în capitolul 3 că acei pionieri stelari au provenit din variaţiile cuantice ale densităţii materiei şi energiei pe care expansiunea inflaţionară le-a extins în spaţiu. Simulările pe calculator ale

acestor procese arată că primele stele s-au aprins la aproximativ o sută de milioane de ani după big bang, intrarea lor pe scena cosmică nefiind nicidecum graţioasă. Ele au fost probabil nişte coloşi cu o masă de sute sau chiar mii de ori mai mare decât a Soarelui, arzând cu o asemenea intensitate, încât s-au stins repede. Cele mai masive şi-au sfârşit viaţa într-o implozie gravitaţională atât de energică, încât au colapsat până la stadiul de găuri negre, configuraţii extreme ale materiei de care ne vom ocupa pe larg mai târziu în călătoria noastră. Stelele mai puţin masive şi-au sfârşit viaţa în explozii violente de supernovă care, pe lângă că au însămânţat spaţiul cu atomi complecşi, au iniţiat următoarea rundă de formare a stelelor. La fel cum unda de şoc a unei supernove dezagregă o stea, forţând constituentii atomici ai acesteia să fuzioneze[*], o undă de şoc care se propagă prin spaţiu comprimă norii de ingredienţi moleculari care-i ies în cale. Şi fiindcă regiunile comprimate sunt mai dense, ele exercită o atracţie gravitaţională mai mare asupra mediului înconjurător, absorbind constituenţi corpusculari şi iniţiind o nouă rundă de condensare gravitaţională care va produce următoarea generaţie de stele.

Bazându-se pe compoziţia Soarelui – cantităţile ale diverselor elemente pe care le conţine în prezent, determinate prin măsurători spectroscopice astrofizicienii cred că Soarele este un nepot al primelor

stele din univers, un descendent din generaţia a treia. Dar există multă incertitudine privind locul unde s-a format iniţial Soarele. Unul dintre candidaţii investigaţi este un roi de stele numit Messier 67, aflat la o distanţă de aproximativ trei mii de ani-lumină şi a cărui compoziţie chimică pare similară cu a Soarelui, sugerând o strânsă asemănare de familie. Dificultatea, încă nerezolvată, constă în a explica în ce fel Soarele şi planetele din sistemul solar (sau discul protoplanetar din care se vor forma ulterior planetele) au fost ejectate din acea creşă stelară îndepărtată şi au migrat aici. Unele studii ale traiectoriilor potenţiale conchid că nu există practic nici o şansă ca Messier 67 să fie locul de naştere al Soarelui, pe când altele, invocând diferite presupuneri modificate, au furnizat rezultate mai încurajatoare.[14]

Ceea ce putem spune cu mai multă încredere este că în urmă cu vreo 4,7 miliarde de ani o undă de şoc a unei supernove probabil a traversat un nor conţinând hidrogen, heliu şi mici cantităţi de atomi mai complecşi, comprimând o parte a norului, care, fiind acum mai densă decât mediul său înconjurător, a exercitat o atracţie gravitaţională mai puternică, iar astfel a început să atragă material spre interior. în următoarele câteva sute de mii de ani, regiunea aceasta a norului de gaz a continuat să se contracte, rotindu-se la început lent, apoi mai rapid, ca o patinatoare graţioasă care-

şi apropie braţele de corp în timp ce se-nvârte. Aşa cum patinatoarea în rotaţie simte o forţă de atracţie spre exterior (care-i evazează franjurii de pe costum), la fel şi norul în rotaţie şi-a extins şi aplatizat regiunile exterioare, formând un disc în rotaţie care înconjoară o regiune sferică mai mică în centru. În cursul următorilor cincizeci până la o sută de milioane de ani, norul de gaz a interpretat o variantă lentă şi regulată a pasului în doi entropie gravitaţional discutat în capitolul 3: Forţa gravitaţională a comprimat nucleul sferic, care a devenit tot mai fierbinte şi mai dens, în vreme ce materia înconjurătoare s-a răcit şi s-a rarefiat. Entropia nucleului a scăzut, dar cea a mediului a crescut cu o cantitate şi mai mare. în fine, temperatura şi densitatea nucleului au trecut pragul de declanşare a fuziunii nucleare.

Aşa s-a născut Soarele.

în următoarele câteva milioane de ani, resturile rămase de la formarea Soarelui, în total câteva zecimi de procent din discul turbionar iniţial, s-au contopit prin efectul repetat al bulgărelui de zăpadă gravitaţional, dând naştere planetelor din sistemul solar. Substanţele mai uşoare şi mai volatile – hidrogenul şi heliul, dar şi metanul, amoniacul şi apa –, care vor fi descompuse de radiaţia intensă a Soarelui, s-au acumulat în cantităţi mai mari în regiunile exterioare mai reci ale sistemului solar, formând giganţii gazoşi, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. Constituenţii mai grei şi mai robuşti,

precum fierul, nichelul şi aluminiul, care au rezistat mai bine mediului mai fierbinte din apropierea Soarelui, s-au consolidat în planetele interioare stâncoase mai mici, Mercur, Venus, Pământul şi Marte. Fiind mult mai puţin masive decât Soarele, planetele pot suporta modesta lor greutate graţie rezistenţei intrinseci la comprimare a propriilor atomi. Temperaturile şi presiunile din nucleul planetelor cresc, dar nu se apropie nici pe departe de nivelurile necesare pentru declanşarea fuziunii nucleare, rezultând mediile mai temperate cărora viaţa – cu siguranţă forma noastră şi, posibil, toate formele de viaţă din univers – le e profund îndatorată.

Tinereţea Pământului

Prima jumătate de miliard de ani ai Pământului este numită Perioada Hadeană, invocându-l pe zeul grec al lumii subpământene pentru a desemna o eră infernală a vulcanilor dezlănţuiţi, a torentelor de rocă topită şi a vaporilor denşi şi toxici de sulf şi cianură. Dar unii oameni de ştiinţă bănuiesc acum că zeul Poséidon ar putea fi o alegere mai bună ca port-drapel al tânărului Pământ. Modificările oceanelor, încă controversate, se bazează pe dovezi cu nimic mai substanţiale decât firele de praf. Deşi nu dispunem de mostre de roci din acea perioadă, cercetătorii au identificat mici fărâme translucide foarte

vechi – numite *cristale de zirconiu* – care s-au format atunci când lava topită a Pământului primordial s-a răcit şi s-a solidificat. Cristalele de zirconiu se dovedesc esenţiale pentru a înţelege evoluţia timpurie a Pământului nu numai fiindcă sunt practic indestructibile, supravieţuind la miliarde de ani de maltratare geologică, ci şi fiindcă acţionează ca nişte capsule ale timpului în miniatură. Atunci când se formează, cristalele de zirconiu captează mostre moleculare ale mediului pe care le putem data prin metode radioactive standard. Analiza minuţioasă a impurităţilor din cristalele de zirconiu ne oferă mostre ale condiţiilor de pe Pământul arhaic.

O descoperire din vestul Australiei a scos la iveală cristale de zirconiu datând de acum 4,4 miliarde de ani, cu numai două sute de milioane de ani după formarea Pământului şi a sistemului solar. Analizând compoziţia lor, cercetătorii au sugerat că în acele vremuri condiţiile au fost poate mult mai plăcute decât se crezuse anterior. Pământul timpuriu a fost pesemne o lume acvatică relativ calmă, cu mici porţiuni de uscat presărate pe o suprafaţă acoperită în cea mai mare parte de ocean.[15]

Ceea ce nu înseamnă că istoria Pământului nu a cunoscut momentele sale dramatice. La aproximativ cincizeci până la o sută de milioane de ani după naşterea sa, probabil că Pământul s-a ciocnit cu o planetă de dimensiunea lui Marte, numită

Theia, ceea ce a vaporizat crusta terestră, a nimicit Theia şi a azvârlit un nor de praf şi gaz la mii de kilometri în spaţiu. Cu timpul, norul acela s-a condensat gravitaţional şi a format Luna, unul dintre cei mai mari sateliţi planetari din sistemul solar, care ne aminteşte în fiecare noapte de acea întâlnire violentă. Un alt memento îl constituie anotimpurile. Avem parte de veri calde şi ierni reci fiindcă înclinarea axei de rotatie a Pământului influenţează unghiul de incidenţă al luminii solare: vara razele cad mai mult sau mai puţin perpendicular, pe când iarna ele cad oblic. Ciocnirea cu Theia este cauza probabilă a înclinaţiei. Şi chiar dacă mai puţin senzaţional decât o coliziune planetară, atât Pământul, cât şi Luna au suportat perioade de bombardament semnificativ cu meteoriţi mai mici. Pe Lună, absenţa vânturilor care să erodeze şi crusta statică au păstrat cicatricele, dar loviturile pe care le-a suferit Pământul, mai puţin vizibile acum, au fost la fel de severe. Unele impacturi timpurii au putut vaporiza parţial sau chiar total apa de pe suprafaţa Pământului. Cu toate acestea, arhivele de zirconiu oferă dovezi că, în răstimpul a câteva sute de milioane de ani după formarea sa, Pământul s-a putut răci suficient pentru ca vaporii de apă din atmosferă să cadă sub formă de ploaie, să umple oceanele şi să creeze un teren nu foarte deosebit de Pământul pe care-l cunoaştem acum. Cel puţin aceasta e concluzia care decurge din studiul

cristalelor.

Durata necesară ca Pământul să se răcească şi să etaleze apă din abundenţă – sute de milioane de ani sau poate mult mai mult – este dezbătută intens, fiindcă se referă în mod direct la întrebarea când anume în istoria geologică a apărut pentru prima oară viaţa. Deşi e exagerat să spunem că acolo unde este apă lichidă este şi viaţă, putem afirma cu oarecare încredere că în absenţa apei lichide lipseşte şi viaţa, cel puţin genul de viaţă cu care suntem obişnuiţi.

Să vedem de ce.

Viaţa, fizica cuantică şi apa

Apa se numără printre cele mai familiare, dar şi importante, substanţe din natură. Compoziţia sa moleculară, H_2O, a devenit pentru chimie ceea ce este ecuaţia lui Einstein $E = mc^2$ pentru fizică, cea mai faimoasă formulă a domeniului. Analizând-o în detaliu, putem să înţelegem proprietăţile distinctive ale apei şi să dezvoltăm unele idei-cheie din programul lui Schrodinger de a înţelege viaţa la nivelul fizicii şi chimiei.

La jumătatea anilor 1920, mulţi fizicieni de marcă şi-au dat seama că ordinea acceptată era în pragul unei schimbări radicale. Ideile newtoniene, ale căror predicţii pentru mişcarea orbitală a planetelor şi zborul pietrelor stabiliseră timp de secole etalonul de aur al preciziei, eşuau lamentabil atunci când erau

aplicate unor particule minuscule precum electronii. Pe măsură ce date rebele ieşeau precum bulbucii din lumea microscopică, apele calme ale gândirii newtoniene au devenit agitate. Fizicienii s-au văzut imediat obligaţi să lupte doar pentru a rămâne la suprafaţă. Lamentaţia lui Werner Heisenberg, murmurată în timp ce se plimba fără ţintă printr-un parc pustiu din Copenhaga după o noapte epuizantă de calcule intense împreună cu Niels Bohr, rezuma bine situaţia: „E posibil ca natura să fie atât de absurdă pe cât ni se pare nouă în aceste experimente atomice?”[16] Răspunsul, un da hotărât, a venit în 1926 de la un modest fizician german, Max Born, care a înlăturat obstacolul conceptual introducând o paradigmă cuantică radical nouă. El a susţinut că un electron (sau orice altă particulă) poate fi descris doar în termenii *probabilităţii* de a fi găsit într-un loc dat. Dintr-o trăsătură de condei, lumea newtoniană familiară, în care obiectele au întotdeauna poziţii bine definite, a cedat locul unei realităţi cuantice în care o particulă poate fi aici sau acolo, sau cu totul altundeva. Departe de a fi un neajuns, incertitudinea inerentă unei scheme probabiliste a dezvăluit o trăsătură intrinsecă a realităţii cuantice mult timp trecută cu vederea de cadrul newtonian care, oricât de pătrunzător, s-a dovedit totuşi insuficient. Newton şi-a bazat ecuaţiile pe lumea vizibilă. Câteva secole mai târziu, am învăţat că există o

realitate neaşteptată, inaccesibilă fragilelor noastre percepţii umane.

Propunerea lui Born a fost însoţită de precizie matematică.[17] El a explicat că o ecuaţie publicată de Schrodinger cu câteva luni în urmă poate fi folosită pentru a prezice probabilităţile cuantice. Aceasta a fost o noutate pentru Schrodinger, la fel ca pentru toţi ceilalţi. Dar când oamenii de ştiinţă au urmat indicaţia lui Born, ei au constatat că matematica funcţionează în mod spectaculos. Date care anterior fuseseră subsumate unor reguli empirice ad hoc, sau rezistaseră oricărei explicaţii, au putut fi în cele din urmă înţelese prin analize matematice sistematice.

Când este aplicată atomilor, perspectiva cuantică aruncă peste bord vechiul „model al sistemului solar”, care reprezenta electronii orbitând în jurul nucleului la fel cum planetele orbitează în jurul Soarelui. în locul acestuia, mecanica cuantică concepe electronul ca pe un nor difuz care înconjoară nucleul şi a cărui densitate într-o poziţie dată indică probabilitatea ca electronul să se găsească în acel loc. E improbabil ca un electron să fie găsit acolo unde norul său de probabilitate e rarefiat, şi e probabil să fie găsit acolo unde norul e dens.

Ecuaţia lui Schrodinger explicitează matematic această descriere, determinând forma şi profilul densităţii norului de probabilitate al unui electron şi stipulând – aspect esenţial pentru discuţia de faţă – numărul exact de electroni care poate fi

conţinut în fiecare asemenea nor.[18] Detaliile devin rapid tehnice, dar pentru a înţelege trăsăturile esenţiale imaginativă că nucleul unui atom e o scenă centrală, iar electronii săi sunt publicul care urmăreşte acţiunea, aşezat pe scaune dispuse în rânduri concentrice în jurul scenei. în acest „teatru cuantic”, matematica lui Schrodinger aplicată atomilor dictează modul cum electronii completează locurile.

Aşa cum sugerează experienţa urcării treptelor unui teatru real, cu cât rândul este mai sus, cu atât electronul are nevoie de mai multă energie ca să ajungă acolo. Prin urmare, atunci când un atom este atât de calm pe cât poate să fie, în configuraţia sa cu energia cea mai joasă, electronii săi formează publicul cel mai ordonat, populând un strat superior doar atunci când cele inferioare sunt complet ocupate. Când atomul posedă energia minimă, nici un electron nu urcă mai sus decât e absolut necesar. Câţi electroni încap într-un strat dat? Matematica lui Schrodinger oferă răspunsul, o normă antiincendiu universală care se aplică tuturor teatrelor cuantice: cel mult doi electroni sunt admişi în primul strat, opt electroni în stratul al doilea, optsprezece în stratul al treilea şi aşa mai departe, după cum specifică ecuaţia. Dacă energia unui atom creşte, de pildă în urma impactului cu un fascicul laser puternic, unii dintre electronii săi pot fi suficient de agitaţi pentru a sări pe un strat superior,

dar această exuberanţă va fi de scurtă durată. Asemenea electroni excitaţi cad repede înapoi pe stratul lor originar, emiţând energie (care e preluată de fotoni) şi readucând atomul în configuraţia lui cea mai calmă.[19]

Matematica dezvăluie încă o particularitate, un fel de OCD— atomic care este unul dintre principalele motoare ale reacţiilor chimice pretutindeni în cosmos. Atomii au o aversiune faţă de straturile doar parţial completate. Straturile sunt goale? Foarte bine. Straturile sunt completate? Foarte bine. Dar cele parţial ocupate? Acestea fac ca atomii să se urce pe pereţi. Unii atomi sunt norocoşi, având exact numărul de electroni necesari pentru a- şi completa singuri toate straturile. Heliul conţine doi electroni pentru a compensa sarcina electrică a celor doi protoni ai săi, şi ei umplu fericiţi primul strat. Neonul are zece electroni pentru a compensa sarcina electrică a celor zece protoni ai săi, şi ei umplu la fel de fericiţi primul strat, unde încap doi, şi al doilea, unde încap ceilalţi opt. Dar pentru majoritatea atomilor numărul de electroni necesari pentru a compensa numărul de protoni nu umple un set complet de straturi.[20]

Ce vor face aceştia?

Ei negociază cu alte specii de atomi. Dacă tu eşti un atom al cărui strat superior are nevoie de încă doi electroni, iar eu sunt un atom cu doi electroni pe stratul superior, atunci, dacă eu îţi donez

doi electroni, ne vom rezolva reciproc problema ocupării straturilor: rezultatul donaţiei este că amândoi vom avea straturile completate. Ţine seama şi că, acceptându-mi electronii, tu vei dobândi o sarcină netă negativă şi că, donându-mi electronii, eu voi dobândi o sarcină netă pozitivă – iar fiindcă sarcinile opuse se atrag, noi doi ne vom îmbrăţişa pentru a forma o moleculă neutră electric. Pe de altă parte, dacă tu şi cu mine, de exemplu, avem fiecare nevoie de încă un electron pentru a ne completa straturile superioare, putem ajunge la un alt fel de acord: putem amândoi dona câte un electron unui rezervor comun, rezolvându-ne şi de data asta reciproc problema ocupării straturilor, şi – prin intermediul legăturii create de electronii puşi în comun – să ne combinăm din nou într-o moleculă neutră electric. Procesele acestea, care umplu straturile de electroni şi leagă atomii laolaltă, sunt ceea ce numim reacţii chimice. Ele oferă modelul pentru astfel de reacţii aici, pe Pământ, în interiorul sistemelor vii şi pretutindeni în univers.

Apa e un exemplu elocvent. Oxigenul conţine opt electroni, doi pe primul strat şi şase pe stratul al doilea. Oxigenul se străduieşte aşadar să obţină încă doi electroni, căutând să-şi completeze stratul al doilea cu numărul maxim de opt. O sursă uşor disponibilă e hidrogenul. Fiecare atom de hidrogen are un unic electron singuratic care stă de pomană în

primul strat. Dacă un atom de hidrogen are ocazia să-şi completeze acest strat cu încă un electron, o va face bucuros. Astfel încât hidrogenul şi oxigenul ajung la o înţelegere să-şi pună în comun o pereche de electroni, satisfăcând pe deplin hidrogenul şi aducând oxigenul cu un electron mai aproape de beatitudinea orbitală. Includeţi un al doilea atom de hidrogen care să împartă în acelaşi fel o pereche de electroni cu oxigenul, şi toată lumea va fi încântată. Electronii puşi în comun leagă atomul de oxigen de cei doi atomi de hidrogen, dând naştere unei molecule de apă, H_2O.

Geometria acestei uniuni are implicaţii vaste, împingerile şi tracţiunile interatomice fac ca toate moleculele de apă să adopte forma unui V larg deschis, cu oxigenul în vârf şi cei doi atomi de hidrogen plasaţi în extremităţile literei. Deşi H_2O nu are o sarcină electrică netă, din cauză că oxigenul e atât de maniac să-şi completeze straturile orbitale, el acaparează electronii puşi în comun, rezultând o distribuţie asimetrică a sarcinii în moleculă. Vârful moleculei, sălaşul oxigenului, are o sarcină netă negativă, pe când cele două extremităţi, unde se găsesc atomii de hidrogen, au o sarcină netă pozitivă.

Distribuţia sarcinii electrice în molecula de apă ar putea părea un detaliu ezoteric. Dar nu este aşa. Ea se dovedeşte esenţială pentru apariţia vieţii. Datorită distribuţiei asimetrice a sarcinii sale electrice, apa

poate să dizolve aproape orice. Oxigenul încărcat negativ din vârf înşfacă tot ce are o cât de mică sarcină pozitivă; hidrogenul încărcat pozitiv din extremităţi înşfacă tot ce are o cât de mică sarcină negativă. în tandem, cele două capete ale unei molecule de apă acţionează ca nişte gheare încărcate electric, care sfâşie aproape tot ce e cufundat un timp suficient.

Sarea de bucătărie este exemplul cel mai familiar. Formată dintr-un atom de sodiu legat de un atom de clor, o moleculă de sare de bucătărie are o sarcină uşor pozitivă în apropierea sediului (care donează un electron clorului) şi o sarcină uşor negativă în apropierea clorului (care acceptă un electron de la sodiu). Aruncaţi sare în apă, iar partea de oxigen a H_2O (încărcată negativ) înşfacă sodiul (încărcat pozitiv), în timp ce partea de hidrogen a H_2O (încărcată pozitiv) înşfacă clorul (încărcat negativ), despărţind astfel moleculele de sare şi dizolvându-le în soluţie. Iar ce este adevărat pentru sare este adevărat şi pentru numeroase alte substanţe. Amănuntele diferă, dar dispunerea asimetrică a sarcinii electrice în molecula de apă face din ea un solvent extraordinar. Spălaţi-vă pe mâini, chiar şi fără săpun, şi polaritatea electrică a apei va munci din greu, dizolvând şi îndepărtând substanţele străine.

Dincolo de utilitatea sa pentru igiena personală, capacitatea apei de a înşfăca şi ingera substanţe este indispensabilă

pentru viaţă. Interioarele celulelor sunt laboratoare chimice în miniatură a căror funcţionare necesită mişcarea rapidă a unui mare număr de ingrediente: intrarea nutrienţilor, eliminarea deşeurilor, amestecarea compuşilor chimici pentru a sintetiza substanţele necesare funcţionării celulei etc. Apa face ca toate acestea să fie posibile. Apa, care constituie circa 70% din masa unei celule, este fluidul de transport al vieţii. Laureatul Nobel Albert Szent-Gyorgyi a rezumat lucrul acesta într-un mod elocvent: „Apa e materia şi matricea vieţii, mama şi mediul ei. Nu există viaţă fără apă. Viaţa a putut părăsi oceanul atunci când a învăţat cum să-i crească o piele, o pungă în care să poarte apa cu ea. Noi continuăm să trăim în apă, doar că acum o avem în interiorul nostru.”[21] Ca poezie, aceasta este o odă graţioasă închinată apei şi vieţii. Ca ştiinţă, nu există până acum nici un argument care să stabilească valabilitatea universală a afirmaţiei, dar nu cunoaştem nici o formă de viaţă care să contrazică necesitatea apei.

Unitatea vieţii

După ce am trecut în revistă sinteza atomilor simpli şi complecşi, originea Soarelui şi a Pământului, natura reacţiilor chimice şi necesitatea apei, suntem acum pregătiţi să ne îndreptăm atenţia asupra vieţii înseşi. Deşi ar părea natural să începem cu geneza vieţii, problema

aceasta, încă nerezolvată, e preferabil s-o abordăm după ce vom fi explorat proprietăţile moleculare esenţiale ale vieţii. Iar pentru cineva ca mine, care mi-am petrecut ultimii treizeci de ani urmărind o teorie unificată a forţelor fundamentale ale naturii, această explorare dezvăluie o unitate biologică surprinzătoare. Nu cunoaştem numărul exact al speciilor de pe Pământ, de la microbi la lamantini, dar valorile estimate sunt cuprinse între milioane şi bilioane. Oricare ar fi numărul exact, e enorm. însă abundenţa diverselor specii ascunde natura unică a mecanismelor interioare ale vieţii.

J

Examinaţi cu suficientă atenţie ţesuturile vii şi veţi întâlni „cuantele” vieţii – celulele –, cele mai mici unităţi ale ţesuturilor pe care le putem considera vii. Indiferent de sursa lor, celulele au atâtea trăsături în comun încât, examinând specimene individuale, ochiului nepregătit îi va fi foarte greu să distingă şoarecele de buldog, broasca ţestoasă de tarantulă, musca de om. Este remarcabil. S-ar putea crede că celulele noastre trebuie să prezinte o amprentă distinctivă evidentă şi semnificativă. Dar nu-i aşa. Motivul, stabilit în cursul ultimelor decenii, este că toate formele complexe de viaţă multicelulară descind din aceeaşi specie unicelulară ancestrală. Celulele sunt similare fiindcă filiaţiile lor radiază din acelaşi punct de pornire.[22]

Este un fapt grăitor. Cu abundenţa sa

de întrupări, viaţa ar fi putut avea multe origini distincte. S-ar fi putut ca urmărind filiaţia moluştelor marine până la origine să descoperim un punct de pornire, în vreme ce, făcând acelaşi lucru pentru ursul marsupial sau orhidee, să descoperim altele. Dar dovezile sugerează cu putere că în căutarea originilor vieţii, filiaţiile converg către un strămoş comun. Două însuşiri omniprezente ale vieţii fac pledoaria încă şi mai convingătoare. Fiecare dintre ele ilustrează caracterele comune profunde împărtăşite de tot ce este viu. Primul, şi cel mai familiar, priveşte *informaţia:* modul cum celulele codifică şi folosesc informaţia care dirijează funcţiile vitale. Al doilea, la fel de important, deşi i se acordă mai puţină atenţie, priveşte *energia:* modul cum celulele produc, depozitează şi utilizează energia necesară pentru întreţinerea funcţiilor vitale. în ambele cazuri vom vedea limpede că în toată diversitatea spectaculoasă a vieţii pe Pământ detaliile proceselor sunt identice.

Unitatea informaţiei vieţii

Un mod de a ne da seama că un iepure este viu e să vedem cum se mişcă. Şi o piatră se poate mişca, bineînţeles. Curentul puternic al unui râu o poate împinge în aval, sau o erupţie vulcanică o poate lansa spre cer. Deosebirea este că mişcarea pietrei poate fi complet înţeleasă, chiar prezisă, pe baza forţelor

exterioare care acţionează asupra sa. Daţi- mi destule informaţii despre curentul râului sau

despre erupţie, şi voi putea determina cu o precizie rezonabilă ce se va întâmpla. A prezice mişcarea iepurelui e mai greu. Activitatea în interiorul a ceea ce Schrodinger numea „limitele spaţiale” ale iepurelui – activitatea lui internă – este un factor decisiv pentru locomoţia lui. Iepurelui îi tremură nasul, îşi întoarce capul, dă din picioare, iar toate acestea fac să pară că are o voinţă proprie. Dacă iepurele sau orice altă formă de viaţă (inclusiv noi) are într-adevăr o asemenea voinţă autonomă este o întrebare dezbătută de secole şi pe care o vom aborda în capitolul următor, aşa încât ea nu trebuie să ne reţină aici. Deocamdată, putem cădea cu toţii de acord că în timp ce activitatea din interiorul rocii e practic irelevantă pentru mişcarea pe care o observăm, mişcările coordonate, complexe şi autodirijate ale iepurelui sunt un indiciu că e viu.

Nu-i un diagnostic infailibil. Sistemele automate pot executa mişcări destul de asemănătoare, şi pe măsură ce progresul tehnologic continuă, capacitatea de a imita viaţa se va perfecţiona. Dar asta nu face decât să sublinieze un aspect mai general: mişcarea de tipul pe care-l considerăm apare ca o interacţiune între informaţie şi execuţie, între ceea ce am putea numi software şi hardware. Pentru

un sistem automat, descrierea e valabilă la propriu. Dronele, maşinile cu pilot automat, aspiratoarele robot autonome Roomba etc. sunt guvernate de programe care folosesc ca date de intrare informaţiile despre mediul înconjurător, iar ca date de ieşire determină un răspuns executat de mecanismele încorporate, de la aripi la rotoare sau roţi. în cazul iepurelui, descrierea este o metaforă. Totuşi, paradigma software-hardware e extrem de utilă şi atunci când reflectăm asupra vieţii. Iepurele acumulează date senzoriale din mediu, le trece printr-un „computer neural” (creierul său), care trimite semnale încărcate de informaţii pe traiectele nervoase – mănâncă trifoi, sari peste crengile căzute etc. – generând acţiuni fizice. Mişcarea iepurelui rezultă din procesarea şi transmiterea internă a unui set complex de instrucţiuni care circulă prin structura lui fizică: un software biologic care acţionează un hardware biologic. într-o piatră asemenea procese lipsesc cu desăvârşire.

Dacă plonjăm adânc într-o singură celulă a iepurelui, descoperim un set similar de idei acţionând la scară mai mică. Vasta majoritate a funcţiilor celulei sunt executate de proteine, molecule mari care catalizează şi reglează reacţiile chimice, transportă substanţe esenţiale şi controlează proprietăţi detaliate, precum forma şi mişcarea celulelor. Proteinele sunt construite din combinaţiile a douăzeci de subunităţi mai mici,

aminoacizii, similar cu modul în care cuvintele limbii engleze sunt formate din diverse combinaţii a douăzeci şi şase de litere. Şi, la fel cum cuvintele cu sens cer ca Uterele să fie aranjate într-o anumită ordine, proteinele utilizabile cer ca aminoacizii să fie înlănţuiţi în secvenţe specifice. Dacă o asemenea asamblare ar fi lăsată în seama hazardului, probabilitatea ca aminoacizii necesari să se ciocnească unii de alţii în modul corect pentru a forma o anumită proteină ar fi practic zero. Numărul modurilor în care douăzeci de aminoacizi pot fi legaţi într-un lanţ lung e suficient pentru a face lucrul acesta evident: pentru un lanţ cu o sută cincizeci de aminoacizi (o proteină mică), există aproximativ IO^{195} aranjamente diferite, cu mult mai mult decât numărul particulelor din universul observabil. La fel cum proverbiala echipă de maimuţe care dactilografiază la întâmplare litere timp de decenii nu va reuşi să scrie corect mai mult decât „a fi sau a nu fi”, simplul joc al hazardului nu va reuşi să creeze proteinele specifice necesare vieţii.

De fapt, sinteza proteinelor complexe necesită un set de instrucţiuni care definesc un proces pas cu pas – leagă aminoacidul acesta de acela, apoi adaugă-l pe acesta, urmat de acela şi aşa mai departe. Altfel spus, sinteza proteinelor necesită un software celular. Iar asemenea instrucţiuni există în interiorul fiecărei celule. Ele sunt codificate în ADN, substanţa vieţii a cărei arhitectură

geometrică a fost descoperită de Watson şi Crick.

Fiecare moleculă de ADN e configurată în faimoasa spirală dublă, o lungă scară răsucită ale cărei trepte constau în perechi de lonjeroane, molecule mai scurte numite baze, notate de obicei A, T, G şi C (denumirile tehnice nu contează aici, dar literele simbolizează adenină, timină, guanină şi citozină). Membrii unei anumite specii împărtăşesc în cea mai mare parte aceeaşi secvenţă de litere. în cazul oamenilor, secvenţa ADN are o lungime de aproximativ trei miliarde de litere, secvenţa voastră deosebindu-se de a lui Albert Einstein, Mărie Curie, William Shakespeare sau a oricui altcuiva prin mai puţin de un sfert de procent, aproximativ o literă la fiecare şir de cinci sute.[23] Dar savurând gloria de a poseda un genom atât de asemănător cu al celor mai strălucite minţi (sau infami ticăloşi) din istorie, e bine să ştiţi că secvenţa voastră ADN se suprapune în proporţie de 99% cu a oricărui cimpanzeu.[24] Deosebiri genetice minore pot avea un impact major.

în construirea treptelor scării ADN, bazele se împerechează potrivit unei reguli stricte: un A de pe un filament al scării se ataşează unui T de pe celălalt filament, iar un G de pe un filament se ataşează unui C de pe celălalt filament. Secvenţa bazelor de pe una din laturile scării determină aşadar în mod unic secvenţa de pe cealaltă latură. Iar în secvenţa de litere găsim, între alte

informaţii vitale pentru celulă, instrucţiuni ce precizează care cu care aminoacizi se leagă între ei, dirijând sinteza unui ansamblu de proteine caracteristic unei anumite specii şi esenţial pentru acea formă de viaţă.

Toate fiinţele vii codifică în acelaşi fel instrucţiunile pentru construirea proteinelor.[25]

într-un singur paragraf, poate prea detaliat, iată manualul de funcţionare, codul Morse molecular imprimat în toate fiinţele vii. Grupuri de trei litere consecutive de pe un filament dat al ADN-ului desemnează un anumit aminocid din grupul de douăzeci.[26] De exemplu, secvenţa CTA desemnează aminoacidul leucină; secvenţa GCT desemnează alanina; secvenţa GTT desemnează valina; şi aşa mai departe. Dacă examinăm treptele ataşate de unul din filamentele unui segment ADN şi citim secvenţa de nouă litere CTAGCTGTT, aceasta ne instruieşte să ataşăm leucina (primele trei litere, CTA) de alanină (următoarele trei litere, GCT), după care vom adăuga valină (ultimele trei litere, GTT). O proteină formată din, să zicem, o mie de aminoacizi înlănţuiţi va fi codificată de o secvenţă specifică de trei mii de litere (punctul iniţial şi cel final al unei asemenea secvenţe sunt de asemenea codificate de o anumită secvenţă de trei litere, la fel cum majuscula şi punctul desemnează începutul şi sfârşitul acestei fraze). O asemenea secvenţă constituie o *genă,*

planul cu instrucţiuni pentru asamblarea unei proteine.[27]

Am expus detaliile din două motive. Primul, vederea codului explicitează conceptul de software celular. Fiind dat un segment de ADN, putem citi instrucţiunile care dirij ează funcţiile interne ale celulei, o coordonare sofisticată inexistentă în materia neînsufleţită. Al doilea, vederea codului demonstrează la ce se referă biologii când spun că e universal. Fiecare moleculă de ADN, indiferent că provine de la o algă marină sau de la Sofocle, codifică în acelaşi fel informaţia necesară pentru a construi proteine.

Aceasta e unitatea informaţiei vieţii.

Unitatea energiei vieţii

La fel cum un motor cu aburi are nevoie de o aprovizionare constantă cu energie pentru a împinge în mod repetat pistonul, viaţa are nevoie de o aprovizionare constantă cu energie pentru a îndeplini funcţiile sale esenţiale, de la creştere şi regenerare la mişcare şi reproducere. În cazul motorului cu aburi, extragem energie din mediu. Ardem cărbune, lemn sau un alt combustibil, iar căldura generată e consumată de mecanismul interior al motorului, făcând aburul să se dilate. Şi fiinţele vii extrag energie din mediu. Animalele o extrag din hrană, plantele din lumina solară. Dar, spre deosebire de motorul cu aburi, în general

viaţa nu foloseşte energia aceasta pe loc. Procesele vieţii, fiind mai complexe decât expansiunea sau contracţia aburului, necesită un sistem mai rafinat pentru furnizarea şi distribuirea energiei. Viaţa are nevoie ca energia din combustibilii pe care-i arde să fie depozitată şi livrată în mod regulat şi sigur pe măsură ce constituentii celulari o cer.

Toate fiinţele vii rezolvă în acelaşi mod problema extragerii şi distribuirii energiei.[28]

Soluţia universală la care a ajuns viaţa, o succesiune complexă de procese care au loc chiar acum în interiorul nostru şi, din câte ştim, al tuturor celorlalte fiinţe vii, se numără printre cele mai uimitoare realizări ale naturii. Viaţa extrage energie din mediu printr-un tip de ardere chimică lentă şi depozitează acea energie încărcând bateriile biologice încorporate în toate celulele. Aceste pachete de baterii celulare asigură apoi o sursă constantă de electricitate pe care celulele o folosesc ca să sintetizeze molecule anume concepute pentru a transporta şi furniza energie fiecărei componente a celulei.

Poate părea greu de înţeles. Şi chiar este. Dar fiind un aspect vital, se cuvine să-l explicăm pe scurt. Dacă nu înţelegeţi toate amănuntele, nu-i nici o problemă. Chiar şi o investigaţie superficială dezvăluie modul miraculos în care viaţa asigură energia pentru mecanismele sale interne.

Combustia chimică esenţială pentru

procesarea energiei în organismele vii se numeşte *reacţie redox.* Nu e cel mai atrăgător nume, dar exemplul arhetipal – arderea unui butuc – îl lămureşte. în timp ce butucul arde, carbonul şi hidrogenul din lemn cedează electroni oxigenului din aer (să ne amintim că oxigenul e avid de electroni) şi se unesc cu acesta, formând molecule de apă şi dioxid de carbon şi eliberând energie (motivul pentru care focul e fierbinte). Când oxigenul înşfacă electroni, spunem că el *se reduce* (vă puteţi gândi la o reducere a avidităţii oxigenului pentru electroni). Când carbonul sau hidrogenul cedează electroni oxigenului, spunem că el *se oxidează.* împreună, ele constituie o reacţie de reducere-oxidare, sau redox pe scurt.

Oamenii de ştiinţă folosesc acum termenul „redox” într-un sens mai larg, referindu-se la un ansamblu de reacţii în care electronii sunt transferaţi între constituenţii chimici, indiferent dacă oxigenul e implicat sau nu, dar un butuc în flăcări oferă modelul relevant pentru descrierea arderii chimice. Atomi hămesiţi, purtând povara straturilor parţial completate, înşfacă electroni de la atomii donori cu atâta forţă, încât în proces este eliberată o cantitate mare de energie înmagazinată.

în celulele vii – concret, să ne concentrăm asupra animalelor – au loc reacţii redox similare, dar, fapt important, electronii smulşi atomilor pe care i-aţi ingerat la micul dejun nu sunt transferaţi

direct oxigenului. Dacă ar fi, energia eliberată ar provoca ceva asemănător unui incendiu celular, rezultat pe care viaţa a învăţat că e bine să-l evite. în schimb, electronii donaţi de alimente trec printr-o serie de reacţii redox intermediare, popasuri de odihnă pe un traseu având ca destinaţie finală oxigenul, dar care permit eliberarea unor cantităţi mai mici de energie la fiecare pas. Precum o minge ajunsă în peluză care coboară treptele una câte una până în teren, electronii sar de la un receptor molecular la altul, fiecare mai ahtiat după electroni decât precedentul, asigurând că la fiecare pas se eliberează energie. Oxigenul, receptorul cel mai ahtiat după electroni dintre toţi, aşteaptă electronul la baza scării, iar când acesta în sfârşit ajunge, oxigenul îl îmbrăţişează strâns, storcându-i puţina energie care i-a mai rămas şi încheind procesul de extragere a energiei.

Pentru plante, procesul este în mare măsură acelaşi. Principala deosebire e sursa de electroni. în cazul animalelor, ei provin din hrană. în cazul plantelor, ei provin din apă. Lumina solară care loveşte clorofila din frunzele verzi ale plantelor smulge electroni din moleculele de apă, le amplifică energia şi îi lansează într-o cascadă redox similară de extragere a energiei. Prin urmare, energia care susţine toate acţiunile tuturor fiinţelor vii poate fi atribuită unuia şi aceluiaşi proces, salturile electronilor care execută o serie de reacţii redox celulare. De aceea,

continuându-şi reflecţiile poetice, Albert Szent-Gyorgyi spunea: „Viaţa nu este decât un electron în căutarea unui loc de odihnă.”

Din perspectiva fizicii, merită subliniat cât de surprinzătoare sunt toate acestea. Energia e moneda care plăteşte toate sosirile şi plecările pretutindeni în cosmos, o monedă bătută într-o gamă largă de valute şi câştigată printr-o gamă încă şi mai largă de meserii. O valută este energia nucleară, generată prin fisiunea şi fuziunea unui mare număr de specii atomice; alta este energia electromagnetică, generată prin atracţiile şi respingerile între o diversitate de particule încărcate electric; alta este energia gravitaţională, generată prin interacţiunile între o diversitate de corpuri masive. Şi totuşi, dintre toate nenumăratele procese, viaţa de pe planeta Pământ utilizează un singur mecanism energetic, şi numai unul: o succesiune specifică de reacţii chimice electromagnetice în care electronii se angajează într- un şir de salturi descendente, începând cu hrana sau apa şi sfârşind cu îmbrăţişarea strânsă a oxigenului.

Cum şi de ce a devenit acest proces de extragere a energiei mecanismul predilect al vieţii? Nimeni nu ştie. Dar universalitatea lui, la fel ca a codului genetic, vorbeşte din nou, şi cu putere, despre unitatea vieţii. De ce toate fiinţele vii îşi obţin energia în acelaşi mod?

Răspunsul imediat este că toate fiinţele vii trebuie să fie descendentii unui strămoş comun, o specie unicelulară despre care cercetătorii cred că a existat în urmă cu aproximativ patru miliarde de ani.

Biologie şi baterii

Dovezile în favoarea unităţii vieţii devin şi mai convingătoare dacă urmărim în continuare traseul energiei eliberate de electronii care sar dintr-o reacţie redox într-alta. Acea energie e folosită pentru a încărca bateriile biologice încorporate în absolut toate celulele. La rândul lor, bateriile biologice alimentează sinteza moleculelor deosebit de eficiente în transportul şi furnizarea energiei oriunde şi oricând e nevoie într-o celulă. Este un proces complex. Dar este acelaşi la toate fiinţele vii.

în linii mari, iată cum decurge el. Când un electron sare în braţele moleculare larg deschise ale unui anumit receptor redox, molecula receptoare tresare, schimbându-şi orientarea în raport cu alte molecule strâns împachetate în jurul ei, asemenea unui angrenaj care avansează cu un pas. Când electronul nestatornic sare apoi către următorul receptor redox, prima moleculă revine la orientarea ei iniţială, în vreme ce noua moleculă receptoare percepe tresărirea. Pe măsură ce electronul execută alte salturi, tiparul se repetă. Moleculele care primesc un electron tresar, schimbându-şi orientarea cu un pas înainte; Moleculele care pierd

un electron tresar şi ele, revenind la orientarea iniţială.

Succesiunea de salturi ale electronului şi tresăririle moleculare rezultate îndeplinesc o sarcină subtilă, dar semnificativă. De fiecare dată când moleculele se reorientează, şi apoi revin în poziţia iniţială, ele împing un grup de protoni, obligându-i să traverseze o membrană înconjurătoare, unde ei se acumulează într-un mic compartiment, echivalent cu o celulă de retenţie supraaglomerată. Sau, într-un limbaj mai prozaic, o baterie cu protoni.

într-o baterie obişnuită, reacţii chimice obligă electronii să se acumuleze într-o parte a bateriei (anodul), în vreme ce respingerea reciprocă a acestor particule având aceeaşi sarcină înseamnă că ele sunt pregătite să fugă cu prima ocazie. Atunci când închideţi un circuit electric apăsând butonul de pornire sau răsucind un comutator, eliberaţi electronii acumulaţi, permiţându-le să se scurgă din anod, să treacă printr-un dispozitiv – bec electric, laptop, telefon –, şi în cele din urmă să se întoarcă în cealaltă parte a bateriei (catodul). Aşa banale cum sunt, bateriile sunt extrem de ingenioase. Ele depozitează energie într-un ansamblu aglomerat de electroni care sunt pregătiţi s-o elibereze la un semnal pentru a alimenta orice dispozitiv dorim.

într-o celulă vie întâlnim o situaţie similară, doar că în locul electronilor se acumulează protoni. Deosebirea aceasta

are prea puţină importanţă. La fel ca electronii, toţi protonii au aceeaşi sarcină electrică, şi ca atare se resping între ei. Atunci când reacţiile redox celulare împachetează protonii strâns laolaltă, şi aceştia abia aşteaptă prilejul s-o ia la goană pentru a scăpa de tovărăşia forţată. Prin urmare, reacţiile redox celulare încarcă bateriile biologice pe bază de protoni. Cum protonii sunt grupaţi de aceeaşi parte a unei membrane extrem de subţiri (cu o grosime de numai câţiva zeci de atomi), câmpul electric (voltajul membranei împărţit la grosimea ei) poate fi enorm, zeci de milioane de volti/metru sau mai mult. Sunt voinice aceste bio-baterii celulare.

Şi atunci, ce fac celulele cu aceste minicentrale electrice? Aici lucrurile devin şi mai uimitoare. De membrană sunt ataşate numeroase nanoturbine. Când protonilor acumulaţi li se permite să se scurgă înapoi traversând anumite secţiuni ale membranei, ei fac ca minusculele turbine să se-nvârtă, la fel cum rafalele de vânt fac să se-nvârtă morile de vânt. În secolele trecute, această mişcare de rotaţie întreţinută de vânt era folosită pentru a măcina grâul şi alte cereale. Morile de vânt celulare procedează într-un mod analog, dar, în loc să pulverizeze structura, procesul o edifică. Rotindu-se, turbinele moleculare înghesuie laolaltă în mod repetat două molecule specifice (ADP, adenozin difosfat, plus un grup fosfat), sintetizând o altă moleculă

specifică (ATP, adenozin trifosfat). Obligaţi de turbină să se unească, constituenţii fiecărei molecule ATP rezultate se găsesc într-un aranjament tensionat: constituenţi care se resping reciproc sunt menţinuţi laolaltă prin legături chimice, aşa încât, la fel ca un resort comprimat, ele se străduiesc să se elibereze. Acest lucru e extraordinar de util. Moleculele de ATP se pot deplasa oriunde în celulă, iar atunci când e nevoie eliberează energia acumulată, rupând legăturile chimice şi permiţând particulelor constituente să se relaxeze într-o stare cu energie mai joasă, mai confortabilă. Energia aceasta, eliberată prin disocierea moleculelor de ATP, este cea care alimentează funcţiile celulare.

Activitatea neobosită a acestor centrale energetice celulare devine limpede dacă luăm în considerare câteva numere. Funcţiile care menţin în viaţă o celulă tipică timp de numai o secundă au nevoie de energia depozitată în aproximativ *zece milioane* de molecule de ATP. Corpul nostru conţine zeci de bilioane de celule, ceea ce înseamnă că în fiecare secundă consumăm un număr de ordinul a o sută de milioane de bilioane (IO^{20}) de molecule de ATP. De fiecare dată când o moleculă de ATP e folosită, ea se scindează în substanţele componente (ADP şi un fosfat), pe care turbinele alimentate de bateriile cu protoni le reasociază apoi în molecule de
ATP proaspăt create, complet revigorate.

Aceste molecule de ATP pornesc din nou la drum, eliberând energie în toată celula. Pentru a satisface necesităţile de energie ale corpului, turbinele celulare sunt extraordinar de productive. Chiar dacă sunteţi cititori extrem de rapizi, în timp ce parcurgeţi această propoziţie corpul vostru sintetizează circa cinci sute de milioane de bilioane de molecule de ATP. Şi chiar acum, alte trei sute de milioane de bilioane.

Rezumat

Lăsând amănuntele deoparte, concluzia este că, în timp ce electronii energici din alimente (sau electronii energizaţi de lumina solară în plante) coboară în cascadă un şir de trepte chimice, energia eliberată la fiecare pas încarcă bateriile biologice aflate în toate celulele. Energia depozitată în baterii este apoi folosită pentru a sintetiza molecule care fac pentru putere ceea ce camioanele serviciilor poştale fac pentru colete: moleculele distribuie într- un mod demn de încredere pachete de energie oriunde e nevoie de ele în celulă. Acesta e mecanismul universal care asigură energia tuturor fiinţelor vii. Acesta e parcursul unic al energiei aflat la baza *fiecărei* acţiuni pe care o întreprindem şi a *fiecărui* gând pe care îl avem.

în ce priveşte scurta noastră incursiune în ADN, principalul aspect se referă la detalii: ansamblul complex şi în aparenţă

baroc de procese care alimentează celulele cu energie e universal pentru toate formele de viaţă. Unitatea aceasta, împreună cu unitatea codificării în ADN a instrucţiunilor celulare, constituie o dovadă copleşitoare că toate formele de viaţă provin dintr-un strămoş comun.

La fel cum Einstein a căutat o teorie unificată a forţelor naturii, şi la fel cum fizicienii de azi visează la o sinteză încă mai vastă care să cuprindă întreaga materie şi poate spaţiul şi timpul de asemenea, există ceva profund seducător în a identifica un nucleu comun într-un spectru larg de fenomene aparent distincte. Faptul că mecanismele interne ale vieţii – de la cei doi câini ai mei care se odihnesc liniştiţi pe covor la roiul haotic de insecte atrase de felinarul din apropierea ferestrei, la corul broaştelor care se înalţă dinspre iazul învecinat şi la coioţii pe care-i aud acum urlând în depărtare – se bazează pe aceleaşi procese moleculare e pur şi simplu impresionant. De aceea puneţi deoparte amănuntele, luaţi o pauză înainte de încheierea capitolului şi lăsaţi ca această minunată revelaţie să-şi facă pe deplin efectul.

Evoluţie înaintea evoluţiei

înţelegerea unor probleme esenţiale nu numai că oferă o claritate neaşteptată, dar ne stimulează să explorăm mai în

profunzime. Cum a apărut strămoşul comun al tuturor fiinţelor vii? Şi, mai profund, cum a început viaţa? Oamenii de ştiinţă încă nu au rezolvat problema originilor vieţii, dar din discuţia noastră reiese că întrebarea are trei aspecte. Cum a apărut componenta genetică a vieţii – capacitatea de a depozita, folosi şi reproduce informaţia? Cum a apărut componenta metabolică a vieţii – capacitatea de a extrage, depozita şi folosi energia chimică? Cum a apărut împachetarea mecanismelor moleculare genetice şi metabolice în pungi autonome, celulele? Povestea originilor vieţii necesită răspunsuri definitive la aceste întrebări, dar, chiar şi fără o înţelegere completă, putem apela la un cadru explicativ – evoluţia darwinistă – care va fi în mod aproape cert o parte integrantă a viitoarei naraţiuni.

Când am aflat pentru prima oară despre evoluţia darwinistă, profesorul meu de biologie a prezentat teoria ca pe o soluţie inteligentă la o enigmă care, odată înţeleasă, ne face să ne lovim cu palma pe frunte şi să exclamăm: „Cum de nu m-am gândit la asta?” Problema constă în a explica originea sortimentului bogat, variat şi abundent de specii care populează planeta Pământ. Soluţia lui Darwin se reduce la două idei înrudite. Prima, când organismele se reproduc, urmaşii sunt în general asemănători, dar nu identici cu părinţii lor. Sau, după cum spunea Darwin, reproducerea produce

descendenţă cu modificări. A doua, într-o lume cu resurse finite există o competiţie pentru supravieţuire. Acele modificări biologice care sporesc şansele de succes în competiţie măresc probabilitatea ca purtătorul lor să supravieţuiască destul de mult timp pentru a se reproduce şi a transmite astfel generaţiilor viitoare trăsăturile care sporesc şansele de supravieţuire. Cu timpul, diverse combinaţii de modificări reuşite se acumulează lent, făcând ca o populaţie iniţială să se ramifice în grupuri care formează specii distincte.[29]

Simplă şi intuitivă, evoluţia darwinistă pare aproape de la sine înţeleasă. Oricât de convingător ar fi însă cadrul ei explicativ, fără sprijinul datelor ea n-ar fi obţinut consensul ştiinţific. Logica nu-i suficientă. încrederea în evoluţia darwinistă se bazează pe sprijinul copleşitor primit din partea oamenilor de ştiinţă, care au urmărit schimbările treptate în structura organismelor şi au descris avantajele adaptative conferite de multe dintre ele. Dacă transformările acestea n-ar exista, sau dacă sar fi produs fără nici un tipar evident, sau dacă n-ar avea nici o legătură cu capacitatea de supravieţuire sau de reproducere a purtătorului lor, şcolarii nu ar învăţa despre evoluţia darwinistă.

Darwin nu a precizat baza biologică pentru descendenţa cu modificări. Cum îşi transmit fiinţele vii trăsăturile către urmaşi? Şi cum ajung unele dintre acele

trăsături să descindă într-o formă modificată? Pe vremea lui Darwin, răspunsurile nu erau cunoscute. Fireşte, toată lumea a observat că micuţa Mary semăna cu mămica şi cu tăticul ei, dar înţelegerea mecanismului molecular pentru transmiterea trăsăturilor era încă la o distantă de multe descoperiri. Faptul că Darwin a putut elabora teoria evoluţiei în absenta unor asemenea detalii dovedeşte generalitatea şi puterea ideilor. Ele transcend amănuntele de rutină. Abia peste aproape un secol, în 1953, elucidarea structurii ADN-ului a făcut vizibilă calea către o bază moleculară a eredităţii. Cu o reţinere elegantă, Watson şi Crick şi- au încheiat articolul cu una dintre frazele cele mai celebre pentru modestia ei: „Nu a scăpat atenţiei noastre faptul că împerecherea specifică pe care am postulat-o sugerează imediat un posibil mecanism de copiere pentru materialul genetic.”

Watson şi Crick au dezvăluit procesul prin care viaţa duplichează moleculele care depozitează instrucţiunile interne ale celulei, permiţând ca nişte copii ale acestora să fie transmise urmaşilor. Aşa cum am văzut, informaţia care dirijează funcţionarea celulei e codificată în secvenţa de baze fixate de-a lungul catenelor scării spirale a ADN- ului. Când o celulă se pregăteşte să se reproducă, să se dividă în două, scara ADN-ului se scindează la mijloc, formând două catene, fiecare conţinând o secvenţă de baze.

Deoarece secvenţele sunt complementare (un A pe o catenă garantează că în poziţia corespunzătoare de pe cealaltă catenă se află un T; un C pe o catenă garantează că în poziţia corespunzătoare de pe cealaltă catenă se află un G), fiecare catenă oferă un model pentru a construi o copie a celeilalte. Ataşând bazele complementare celor de pe fiecare din catenele separate, celula creează două copii complete ale filamentului ADN originar. Când ulterior celula se divide, fiecare celulă-fiică primeşte una din copii, transmiţând informaţia genetică de la o generaţie la următoarea – mecanismul de copiere care nu a scăpat atenţiei lui Watson şi Crick.

Aşa cum a fost descris, procesul de copiere ar produce filamente de ADN identice. Şi atunci cum pot să apară în celulele-fiică trăsături noi sau modificate? Prin erori. Nici un proces nu e 100% perfect. Deşi rare, greşelile vor apărea, uneori din întâmplare, iar alteori provocate de influenţe ambientale precum fotonii energici – raze ultraviolete sau X – care pot altera procesul de copiere. E posibil aşadar ca secvenţa ADN moştenită de o celulă-fiică să difere de cea a părinţilor. Cel mai adesea, asemenea modificări nu au mare însemnătate, precum o singură greşeală de tipar la pagina 413 din *Război şi pace.* Dar unele pot influenţa funcţionarea celulei, în bine sau în rău. Primele, sporind adaptarea la mediu, au şanse mai bune să fie transmise generaţiilor ulterioare, iar astfel să se

răspândească în rândurile populaţiei.

Reproducerea sexuală adaugă complexitate, deoarece materialul genetic nu e pur şi simplu duplicat, ci se formează prin amestecul contribuţiilor de la cei doi părinţi. Dar, deşi tipul acesta de reproducere – a cărui origine încă e dezbătută – a reprezentat un pas important în istoria vieţii pe Pământ, principiile darwiniste se aplică în egală măsură. Amestecul şi copierea materialului genetic produc variaţii ale trăsăturilor moştenite, iar cele care sporesc perspectivele de supravieţuire şi reproducere ale purtătorului au cele mai mari şanse să persiste de-a lungul generaţiilor.

Un aspect esenţial al evoluţiei este că în transmiterea de la părinţi la urmaşi, modificările ADN-ului sunt de obicei puţine la număr. Această stabilitate protejează ameliorările genetice acumulate pe durata generaţiilor anterioare, asigurând că ele nu sunt rapid degradate sau eliminate. Pentru a ne forma o idee despre cât de rare sunt asemenea schimbări, erorile de copiere se strecoară într-o proporţie de aproximativ una la fiecare sută de milioane de perechi de baze ale ADN-ului. Este ca şi cum un copist medieval ar greşi o singură literă la fiecare treizeci de copii ale Bibliei. Dar chiar şi această proporţie minusculă e o supraestimare, fiindcă 99% dintre erori sunt reparate prin mecanisme de corectură chimică operând în interiorul

fiecărei celule, reducând proporţia netă a erorilor la aproximativ una la fiecare zece miliarde de perechi de baze.

însă, chiar şi asemenea modificări genetice infime, când se acumulează de-a lungul unui număr foarte mare de generaţii, pot da naştere unor evoluţii fizice şi fiziologice masive. Nu e un lucru evident. Cineva confruntat cu miracolul ochiului, capacităţile creierului sau complexitatea mecanismelor energetice ale celulei va conchide că aceste sisteme nu au putut să evolueze fără o inteligenţă călăuzitoare. Această concluzie ar fi justificată dacă dezvoltarea evolutivă ar avea loc pe durate de timp obişnuite. Dar nu se întâmplă aşa. Viaţa a evoluat timp de *miliarde* de ani. Adică *mii de milioane* de ani. Dacă fiecare an ar fi reprezentat de o foaie de hârtie, atunci un miliard de ani ar corespunde unui teanc înalt de aproape o sută de kilometri. Imaginaţi-vă că acele pagini alcătuiesc un folioscop a cărui grosime depăşeşte de mai bine de zece ori înălţimea muntelui Everest. Chiar dacă desenul de pe fiecare pagină diferă foarte puţin de cel de pe pagina precedentă, desenele de la începutul şi sfârşitul teancului se pot deosebi la fel de mult ca un cimpanzeu de o amibă.

Asta nu înseamnă că schimbările evolutive urmează un plan conceput cu grijă, care progresează treptat şi eficient, pagină cu pagină, de la organismele simple la cele complexe. Dimpotrivă, evoluţia prin selecţie naturală e mai bine

descrisă ca o inovaţie prin încercare şi eşec. Inovaţiile apar din combinaţiile şi mutaţiile aleatorii ale materialului genetic. încercările obligă inovaţiile să lupte între ele în arena supravieţuirii. Eşecurile sunt, prin definiţie, inovaţii care pierd. Este un mod de abordare a inovaţiei care ar duce la faliment majoritatea afacerilor. A încerca la întâmplare o posibilitate după alta, sperând în zadar că mai devreme sau mai târziu una dintre ele se va dovedi câştigătoare... încercaţi să expuneţi această strategie în fata consiliului vostru de administraţie. Dar natura dispune din plin de o resursă care lipseşte afacerilor: timpul. Natura nu se grăbeşte şi nu trebuie să se încadreze într-un buget. Ea poate să-şi permită costul inovaţiilor prin mici schimbări aleatorii.[30]

Un alt factor esenţial este că nu a existat un singur folioscop evolutiv izolat. Fiecare diviziune celulară din fiecare organism care ocupă fiecare ungher şi cotlon al planetei a contribuit la naraţiunea darwinistă. Unele dintre aceste linii evolutive au fost un fiasco (modificările genetice s-au dovedit dăunătoare). Majoritatea nu au adus nimic nou scenariului în curs (materialul genetic s-a transmis neschimbat). Dar unele au produs întorsături neaşteptate (modificări genetice care au fost utile pentru adaptare) formând propriile lor folioscoape evolutive. Multe dintre acestea vor susţine intrigi şi intrigi

secundare interdependente, astfel încât naraţiunea evolutivă dintr-un folioscop va fi influenţată de aceea dintr-altele. Fără îndoială că în felul acesta bogăţia vieţii pe Pământ reflectă durata enormă a cronicilor evolutive, dar şi numărul enorm de cronici pe care le-a scris natura.

La fel ca orice domeniu de cercetare viabil, evoluţia darwinistă a fost dezbătută şi rafinată de-a lungul deceniilor. în ce ritm evoluează speciile? Viteza variază mult sau puţin în decursul timpului? Există perioade lungi de stagnare urmate de perioade scurte de schimbare mai rapidă? Sau schimbarea e întotdeauna treptată? Ce să credem despre trăsăturile care pot reduce perspectivele de supravieţuire ale organismului, dar în acelaşi timp îi sporesc şansele de reproducere? Care e lista completă a mecanismelor prin care genele se pot modifica de la o generaţie la alta? Cum trebuie să reacţionăm la lacunele din registrul evolutiv? Unele dintre aceste întrebări au dus la dispute ştiinţifice aprinse, dar – şi acesta e esenţialul – nici una nu a pus la îndoială evoluţia însăşi. Amănuntele oricărui cadru explicativ pot, trebuie şi vor fi finisate cu timpul, dar fundamentul teoriei darwiniste e la fel de solid ca stânca.

Ceea ce conduce la întrebarea: cadrul evoluţiei darwiniste ar putea fi relevant într-un context mai larg decât viaţa? La urma urmei, ingredientele esenţiale – replicarea, variaţia şi competiţia – nu sunt

limitate la fiinţele vii. Imprimantele copiază pagini. Distorsiunile optice produc variaţii ale copiilor. Receptorul wireless al imprimantei concurează pentru o lărgime de bandă limitată. Să ne imaginăm apoi un context mai apropiat de viaţă decât imprimantele de birou, dar categoric neînsufleţit: molecule care au dobândit capacitatea de replicare. ADN-ul este un prim exemplu, de aceea să-l ţinem minte. Dar replicarea ADN-ului – divizarea scării sale spirale şi reconstrucţia ulterioară a catenelor componente în două molecule-fiică pe deplin mature – se bazează pe o armată de proteine celulare, şi prin urmare impune ca procesele vieţii să existe deja.

Să ne imaginăm în schimb o moleculă care se poate replica de una singură, mult înainte ca undeva să fi apărut vreo formă de viaţă. Nu e nevoie să precizăm un anumit mecanism de replicare, dar pentru a ne forma o imagine concretă să presupunem că, atunci când pluteşte într-o supă bogată în substanţe chimice, tipul acesta de moleculă acţionează ca un magnet molecular, atrăgând cu putere constituenţii care o alcătuiesc şi oferind un şablon pentru asamblarea lor într-o imitaţie moleculară a sa. Să ne imaginăm de asemenea că procesul de replicare, la fel ca toate procesele din lumea reală, e imperfect. De cele mai multe ori, o moleculă nou sintetizată este identică cu originalul, dar uneori nu este. în decursul unui mare număr de generaţii moleculare,

vom construi astfel un ecosistem populat de un spectru de molecule care sunt variaţii ale originalului.

în orice mediu, resursele, materia primă sunt întotdeauna limitate. Prin urmare, pe măsură ce ecosistemul de molecule continuă să se replice, cele care se replică cel mai eficient şi mai exact – repede, economic, dar nicidecum scăpat de sub control – vor prevala. Asemenea molecule obţin titlul de cele mai „apte”, iar cu timpul vor ajunge să domine populaţia moleculară. Fiecare mutaţie ulterioară care apare datorită replicării imperfecte oferă noi modificări ale aptitudinii moleculare. în cazul lucrurilor neînsufleţite se întâmplă la fel ca în cazul celor vii: modificările care sporesc aptitudinea moleculară vor triumfa asupra celor care nu o sporesc. Fecunditatea mai mare a moleculelor mai apte înclină balanţa demografică în favoarea lor.

Am prezentat aici o versiune moleculară a evoluţiei – *darwinism molecular.* Ea arată că grupuri de particule care interacţionează, ghidate numai de legile fizicii, pot deveni tot mai experte în reproducere – ceva ce de obicei asociem cu viaţa. în căutarea originilor vieţii, asta sugerează că darwinismul molecular ar fi putut constitui un mecanism esenţial în perioada premergătoare apariţiei primei forme de viaţă. O versiune a acestei propuneri care, deşi departe de consens, şi-a câştigat un număr mare de adepţi se bazează pe o moleculă specială, cu talente

multiple: ARN.

Spre originile vieţii

în anii 1960, câţiva cercetători proeminenţi, între care Francis Crick, chimistul Leslie Orgel şi biologul Cari Woese, au atras atenţia asupra unui văr apropiat al ADN-ului, numit ARN (acid ribonucleic), care în urmă cu aproximativ patru miliarde de ani ar fi putut demara o fază a darwinismului molecular care a fost precursoarea vieţii.

ARN-ul este o moleculă extraordinar de versatilă şi o componentă esenţială a tuturor sistemelor vii.

Ne-o putem imagina ca pe o versiune mai scurtă, unilaterală a ADN-ului, formată dintr-o singură catenă de-a lungul căreia e ataşată o secvenţă de baze. între feluritele sale roluri în celulă, ARN-ul este un mediator chimic care copiază diverse mici secţiuni ale unui filament de ADN „desfăcut”, similar modului în care un dentist poate lua un mulaj al danturii atunci când separăm maxilarele, şi transportă informaţia către alte părţi ale celulei, unde dirijează sinteza unor proteine specifice. La fel ca ADN-ul, moleculele de ARN încorporează informaţia celulară, şi în felul acesta sunt o componentă a software-ului celulei. Dar există o deosebire importantă între ADN şi ARN: în vreme ce ADN-ul se mulţumeşte să fie oracolul unei celule, un izvor de

înţelepciune care îndrumă activitatea celulară, ARN-ul e dispus să efectueze munca manuală a proceselor chimice. într-adevăr, ribozomii celulei – uzine în miniatură care unesc între ei aminoacizii pentru a produce proteine – au în centrul lor un anumit tip de ARN (ARN ribozomal).

Prin urmare ARN-ul este atât software, cât şi hardware. El poate deopotrivă să dirijeze şi să catalizeze reacţiile chimice. Iar unele dintre aceste reacţii promovează replicarea ARN-ului însuşi. în vreme ce maşinăria moleculară care face copii ale ADN-ului foloseşte un set elaborat de roţi dinţate şi angrenaje, ARN-ul poate promova el însuşi sinteza perechilor de baze necesare pentru propria sa replicare. Să reflectăm asupra consecinţei. Moleculele de ARN, îmbinând părţile de software şi hardware, pot evita dilema cu oul şi găina: Cum asamblezi hardware-ul molecular fără ca în prealabil să dispui de software-ul molecular, instrucţiunile de asamblare? Cum sintetizezi software-ul molecular fără ca în prealabil să dispui de hardware-ul molecular, infrastructura necesară pentru sinteză? încorporând ambele funcţii, ARN-ul contopeşte oul şi găina, iar astfel are capacitatea să inaugureze o eră a darwinismului molecular.

Aceasta e ipoteza despre Lumea ARN. Ea imaginează că, înainte de a fi existat viaţă, a existat o lume plină cu molecule de ARN, care prin darwinism molecular a

evoluat, pe durata unui număr aproape incalculabil de generaţii, în structurile chimice care au constituit primele celule. Deşi amănuntele sunt provizorii, oamenii de ştiinţă au schiţat cum ar fi putut să arate faza aceasta a evoluţiei moleculare. în anii 1950, laureatul Nobel Harold Urey şi doctorandul său Stanley Miller au amestecat gaze (hidrogen, amoniac, metan, vapori de apă) despre care credeau că au constituit atmosfera primordială a Pământului, au supus aceste cocteiluri gazoase unor curenţi electrici pentru a simula fulgerele şi au făcut anunţul celebru că mâzga maronie rezultată conţinea aminoacizi, cărămizile de construcţie ale proteinelor. Deşi cercetări ulterioare au arătat că amestecurile gazoase studiate iniţial de Miller şi Urey nu reflectau exact compoziţia chimică a atmosferei primordiale a Pământului, experimente similare efectuate cu alte cocteiluri gazoase care o reflectau mai bine (inclusiv un amestec preparat chiar de Miller şi Urey pentru a modela emanaţiile toxice ale vulcanilor activi şi care, în mod curios, a rămas neanalizat timp de peste o jumătate de secol[31]) au reuşit la fel de bine să genereze aminoacizi. Mai mult, aminoacizi au fost acum detectaţi în norii interstelari, în comete şi în meteoriţi. Prin urmare, e plauzibil ca pe tânărul Pământ să fi existat o supă chimică în care moleculele replicatoare de ARN erau amestecate cu un sortiment bogat de

aminoacizi.

Să ne imaginăm apoi că, în timp ce moleculele de ARN continuau să se replice, o mutaţie aleatorie a facilitat ceva nou: ARN-ul mutant a făcut ca unii aminoacizi din supa înconjurătoare să se unească în lanţuri, producând primele proteine rudimentare (o versiune grosieră a tipului de procese care au loc în prezent în ribozomi). Dacă din întâmplare unele dintre aceste proteine de bază au mărit eficienţa replicării ARN-ului – la urma urmei, catalizarea reacţiilor e una dintre atribuţiile proteinelor –, ele au fost răsplătite cu dărnicie: proteinele vor conduce forma mutantă de ARN la dominaţie, iar abundenţa de ARN mutant va ajuta la sinteza unei cantităţi mai mari de proteine. în tandem, ele vor constitui o buclă chimică autoîntretinută care va face ca aberaţiile moleculare haotice să devină norma. Cu timpul, manevrele moleculare continue au putut da peste o altă noutate chimică, o scară cu două catene – o formă rudimentară de ADN – care s-a dovedit a fi o structură mai stabilă şi mai eficientă pentru replicarea moleculară, iar astfel a uzurpat treptat procesele de replicare, retrogradând ARN-ul la un rol secundar. Formarea întâmplătoare a unor pungi moleculare – pereţii celulei – va spori şi mai mult această aptitudine, concentrând substanţe chimice în regiunile sechestrate şi oferind protecţie în faţa perturbaţiilor din mediul înconjurător. Răspândindu- se în întreaga populaţie chimică, se vor

asambla structurile necesare pentru primele celule rudimentare.[32]

Se va naşte viaţa.

Lumea ARN e doar una dintre numeroasele propuneri. Este un exemplu care acordă importanţă deosebită componentei genetice a vieţii: molecule care încorporează informaţie, şi prin replicare o transmit generaţiilor următoare. Chiar dacă presupunerea aceasta ar fi corectă, tot ar mai trebui să abordăm originea ARN-ului însuşi; poate că un stadiu şi mai vechi al evoluţiei moleculare a generat ARN-ul din componente chimice mai simple. Alte propuneri pun mai mare accent pe componenta metabolică a vieţii: molecule care catalizează reacţii. în locul unei molecule care se replică şi poate să acţioneze ca o proteină, aceste scenarii încep cu molecule de proteine care se pot replica. Iar alte propuneri au în vedere două evoluţii complet distincte, una ducând la molecule care se replică, şi alta la molecule care catalizează reacţii chimice, iar abia ulterior aceste procese fuzionează în celule capabile să îndeplinească funcţiile de bază ale reproducerii şi metabolismului.

Abundă de asemenea propunerile privind locul unde s-au format prima oară precursorii chimici ai vieţii. Unii cercetători au conchis că sugestia improvizată a lui Darwin despre un „mic iaz cald” nu e foarte promiţătoare, dat fiind că timp de sute de milioane de ani pe

Pământ a plouat cu sfărâmături de roci, făcând suprafaţa cu totul neospitalieră.[33] Dar chiar şi aşa, biologul David Deamer a sugerat că pentru originea vieţii este esenţial un mediu care să alterneze între umed şi uscat, ca de pildă malul unui iaz sau al unui lac. Cercetările echipei sale au demonstrat că o astfel de alternanţă între umed şi uscat poate determina lipidele să formeze membrane – pereţi celulari – în interiorul cărora este favorizată conectarea fragmentelor moleculare în lanţuri mai lungi, asemănătoare cu ARN-ul şi ADN-ul.[34] Chimistul Graham Cairns-Smith a propus ideea că cristalele care alcătuiesc straturile argiloase – structuri care cresc înglobând continuu atomi într-un tipar repetitiv, ordonat – au putut constitui un sistem de replicare timpuriu care a fost precursorul unui asemenea comportament în molecule organice mai complexe, aflate pe drumul către viaţă.[35] Un alt candidat convingător, sugerat şi analizat de geochimistul Mike Russell şi biologul Bill Martin, sunt fisurile de pe fundul oceanului care emană nori calzi, bogaţi în minerale, generaţi prin interacţiunea apei de mare cu rocile care constituie mantaua terestră.[36] Aceste aşa-numite orificii hidrotermale alcaline precipită hornuri calcaroase care se ridică de pe fundul oceanului – unele cresc până la o înălţime de peste cincizeci de metri, mai înalte decât Statuia Libertăţii –, pline de găuri şi crăpături prin care se revarsă fără întrerupere un şuvoi energic de

substanţe chimice. Conform acestei propuneri, în numeroasele vârtejuri care se formează în interiorul turnurilor, darwinismul molecular îşi exercită magia chimică, producând replicatori care cu timpul câştigă în complexitate şi sofisticare, iar în cele din urmă dau naştere vieţii pe Pământ.

Amănuntele fac obiectul cercetării de vârf. Până în prezent, încercările de a recrea în laborator aceste procese au dus la rezultate interesante, dar neconcludente. încă n-am reuşit să creăm viaţa pornind de la zero. Dar nu mă îndoiesc că într-o zi, poate nu foarte îndepărtată, vom reuşi. între timp se conturează o naraţiune ştiinţifică amplă despre originile vieţii. Odată ce moleculele dobândesc capacitatea de replicare, erorile întâmplătoare şi mutaţiile vor alimenta darwinismul molecular, împingând mixturile chimice în direcţia fundamentală a creşterii aptitudinii. Desfăşurat pe durata a sute de milioane de ani, procesul are capacitatea de a construi arhitectura chimică a vieţii.

Fizica informaţiei În punctul acesta s-ar putea trage concluzia că moleculele vieţii sunt experte în chimie organică. Altminteri cum ar şti ele ce trebuie să facă? De unde ştie ADN-ul să se despice la mijloc şi să ataşeze bazele complementare acelora pe care le-a expus, creând o moleculă duplicat? De unde ştie ARN-ul să copieze secţiuni ale ADN-ului, să

transporte informaţia respectivă la structurile celulare corespunzătoare, unde alte molecule, distincte, dar înrudite, ştiu cum să citească codul genetic şi să unească secvenţele adecvate de aminoacizi în proteine funcţionale?

Fireşte că moleculele nu ştiu nimic. Comportamentul lor e guvernat de legile oarbe, inconştiente şi neşcolite ale fizicii. Dar întrebarea rămâne: Cum îndeplinesc ele într-un mod sistematic şi demn de încredere o serie uimitor de complicată de procese chimice complexe? Este o întrebare care revine la parafraza mea a problemei fundamentale a lui Schrodinger din *Ce este viaţa?:* Agitaţia şi vibraţiile moleculelor dintr-o piatră sunt guvernate de legile fizicii. Agitaţia şi vibraţiile moleculelor dintr-un iepure sunt guvernate tot de legile fizicii. Care e deosebirea? Ştim acum că particulele care alcătuiesc iepurele sunt ghidate de o influenţă suplimentară: arhiva sa internă de informaţii, software-ul său celular. Fapt important, esenţial, vital: Informaţia aceasta nu înlocuieşte legile fizicii. Nimic nu le poate înlocui. în schimb, la fel cum un tobogan acvatic nu înlocuieşte legea gravitaţiei, ci prin forma sa îi conduce pe utilizatori de-a lungul unei anumite traiectorii pe care altminteri ei nu ar urma-o, software-ul celular al iepurelui funcţionează graţie unor aranjamente chimice, care prin forma, structura şi constituenţii lor ghidează diverse molecule de-a lungul unor traiectorii pe care, altminteri, nici ele nu le-ar urma.

Cum funcţionează asemenea ghiduri moleculare? Datorită modului cum sunt dispuşi atomii săi constituenţi, o moleculă poate să atragă aminoacidul acesta, să-l respingă pe acela şi să fie complet indiferentă faţă de alţii. Sau, la fel ca piesele de Lego complementare, o moleculă dată se poate îmbina doar cu o anumită altă moleculă. Toate acestea sunt fizică. Atunci când atomii şi moleculele se resping, se atrag sau se îmbină, e vorba de acţiunea forţei electromagnetice. Esenţial, aşadar, este că informaţia conţinută într-o celulă nu e abstractă. Ea nu este un set separat de instrucţiuni pe care moleculele trebuie să-l studieze, să-l memoreze şi să-l execute. în schimb, informaţia e codificată în configuraţiile moleculare, configuraţii care determină moleculele să se ciocnească, să se unească sau să interactioneze într-un mod care efectuează procese celulare cum ar fi creşterea, regenerarea sau reproducerea. Deşi moleculele dintr-o celulă sunt lipsite de intenţie sau scop, şi deşi sunt complet inconştiente, structura lor fizică le permite să îndeplinească sarcini foarte specializate.

în acest sens, procesele biologice sunt meandre moleculare descrise complet de legile fizice, care în acelaşi timp spun o poveste de nivel superior bazată pe informaţie. în cazul pietrei nu există o poveste de nivel superior. Folosim legile fizicii pentru a descrie ciocnirile şi agitaţia moleculelor pietrei, şi cu asta am

terminat. Dar atunci când folosim aceleaşi legi ale fizicii pentru a descrie ciocnirile şi agitaţia moleculelor unui iepure, nu am terminat. Nici pe departe. Peste povestea reducţionistă se suprapune o întreagă poveste suplimentară despre configuraţiile moleculare interne unice ale iepurelui, care coregrafiază o gamă admirabilă de mişcări moleculare organizate. Iar aceste mişcări moleculare îndeplinesc procese de nivel superior în interiorul celulelor iepurelui.

într-adevăr, pentru iepure, ca şi pentru noi de altfel, această informaţie biologică este organizată de asemenea la scări mai vaste, procese de ghidare care acţionează nu doar în celule individuale, ci şi între ansambluri de celule, creând semnul distinctiv al complexităţii coordonate. Când întindem mâna după o ceaşcă de cafea, mişcarea fiecărui atom constituent al fiecărei molecule din mâna, braţul, corpul şi creierul nostru sunt guvernate în întregime de legile fizicii. Repet: viaţa nu contravine şi nu poate să contravină legilor fizicii. Nimic n-o poate face. Dar faptul că un număr enorm de molecule din corpul nostru pot acţiona la unison, coordonându-şi mişcarea de ansamblu pentru a face ca braţul să se întindă peste masă, şi mâna să apuce ceaşca, reflectă bogăţia informaţiei biologice care, încorporată în configuraţiile atomice şi moleculare, dirij ează o mulţime de procese moleculare complexe.

Viaţa este fizică orchestrată.

Termodinamica şi viaţa

Potrivit lui Darwin, evoluţia ghidează dezvoltarea structurilor de la molecule la celule individuale şi la organisme multicelulare complexe. Potrivit lui Boltzmann, entropia consemnează dezvoltarea sistemelor fizice, de la aromele care se răspândesc, la zgomotoasele motoare cu aburi şi la stelele incandescente. Viaţa e supusă acestor două influenţe călăuzitoare: ea a apărut şi a fost perfecţionată prin evoluţie şi, la fel ca toate sistemele fizice, se conformează dictatelor entropiei. în ultimele două capitole din *Ce este viaţa?,* Schrödinger a explorat tensiunea aparentă dintre cele două. Când materia se combină pentru a da naştere vieţii, ea menţine ordinea perioade lungi de timp. Iar atunci când viaţa se reproduce, ea generează ansambluri suplimentare de molecule care sunt de asemenea aranjate în structuri ordonate. Unde în toate acestea sunt entropia, dezordinea şi legea a doua a termodinamicii?

în răspunsul său, Schrodinger a explicat că organismele se opun creşterii entropiei „hrănindu-se cu entropie negativă”[37], o formulare care de-a lungul deceniilor a generat puţină confuzie şi critici cârcotaşe. Dar e clar că, deşi exprimat într-un limbaj oarecum diferit, răspunsul lui Schrodinger coincide cu cel dat de noi: pasul în doi entropie. Fiinţele vii nu sunt izolate, aşa încât orice bilanţ al legii a

doua trebuie să includă mediul lor. Să luăm exemplul meu. Timp de peste o jumătate de secol, am reuşit să evit ca entropia mea să crească peste măsură. Am făcut asta consumând structuri ordonate (mai ales legume, fructe uscate şi cereale), arzându-le lent (prin reacţii redox, electronii din alimente coboară în cascadă treptele stadionului şi sfârşesc prin a se combina cu oxigenul pe care l-am inhalat), folosind energia eliberată pentru alimentarea unor diverse activităţi metabolice şi eliminând entropie în mediu prin reziduuri şi căldură. Una peste alta, pasul în doi a permis pare-se entropiei mele să dea cu tifla legii a doua, în vreme ce mediul înconjurător mi-a acoperit cu sârguinţă spatele, preluând diferenţa de entropie. Procesul de ardere, depozitare şi eliberare de energie pentru alimentarea funcţiilor celulare e mai complicat decât procesele corespunzătoare care alimentează motoarele cu aburi, dar din punctul de vedere al entropiei fizica esenţială este aceeaşi.

Dincolo de opţiunea de limbaj a lui Schrodinger, o preocupare mai puţin pedantă este originea hranei de calitate superioară şi cu entropie scăzută. Dacă de la animale coborâm pe lanţul trofic, întâlnim plantele, care se hrănesc direct cu lumină solară. Ciclul lor energetic oferă un alt exemplu al pasului în doi entropie. Fotonii solari incidenţi absorbiţi de celulele plantei aruncă electronii în stări cu energie superioară, pe care apoi

maşinăria celulară o foloseşte (prin intermediul unei serii de reacţii redox care ghidează electronii să coboare treptele stadionului) pentru a alimenta diverse funcţii ale celulei. Fotonii solari sunt aşadar hrana de calitate, cu entropie scăzută, pe care plantele o absorb, o utilizează pentru procesele vieţii, iar apoi o eliberează într-o formă degradată cu entropie mai înaltă (pentru fiecare foton primit de la Soare, Pământul trimite înapoi în spaţiu un ansamblu mai puţin ordonat de două duzini de fotoni infraroşii, cu energia diminuată şi foarte dispersaţi).[38]

Urmând şi mai departe pista către sursa de entropie scăzută, căutăm originea Soarelui, care se leagă de povestea gravitaţională din capitolul 3: gravitaţia comprimă norii de gaz formând stele, reduce entropia internă şi, prin căldura eliberată, creşte entropia mediului înconjurător. Până la urmă se declanşează reacţiile nucleare, stelele se aprind şi emit spre exterior fotoni. în cazul Soarelui, fotonii care ajung pe Pământ sunt sursa de energie cu entropie scăzută care alimentează metabolismul plantelor, explicând astfel de ce cercetătorii spun adesea că forţa gravitaţională susţine viaţa. Deşi e adevărat, ştiţi de acum că îmi place să atribui meritele mai echitabil, lăudând gravitaţia, fiindcă face materia să se condenseze şi asigură medii stelare stabile, dar totodată elogiind fuziunea nucleară, fiindcă produce un flux constant

de fotoni de calitate înaltă timp de milioane şi miliarde de ani.

Forţa nucleară, în tandem cu gravitaţia, este o sursă de combustibil cu entropie scăzută care întreţine viata.

**

O teorie generală a vieţii?

în conferinţele sale din 1943, Schrodinger a subliniat că torentul progreselor ştiinţifice fusese atât de intens, încât „a devenit practic imposibil ca o singură minte să stăpânească pe deplin mai mult decât o mică porţiune specializată”.[39] în consecinţă, el a încurajat gânditorii să-şi extindă domeniul competenţelor explorând tărâmuri în afara teritoriului obişnuit al tradiţiei lor intelectuale. în *Ce este viaţa?* el a aplicat pregătirea, intuiţia şi sensibilitatea unui fizician la enigmele biologiei.

în deceniile scurse de atunci, pe măsură ce s-a accentuat specializarea cunoaşterii, numeroşi cercetători au continuat să lanseze chemarea interdisciplinară a lui Schrodinger. Mulţi au răspuns. Cercetători cu pregătire în diverse domenii, între care fizica energiilor înalte, mecanică statistică, informatică, teoria informaţiei, chimie cuantică, biologie moleculară şi astrobiologie, au elaborat metode noi şi ingenioase pentru a testa natura vieţii. Voi încheia acest capitol concentrându-mă asupra unui astfel de progres care extinde tema noastră termodinamică şi, dacă programul

reuşeşte, poate că într-o zi ne va ajuta să răspundem la unele dintre întrebările cele mai profunde ale ştiinţei: ar putea fi viaţa atât de improbabilă, încât să fi apărut o singură dată într-un univers care conţine sute de miliarde de

*

galaxii, fiecare cu sute de miliarde de stele, în jurul multora dintre ele orbitând planete? Sau viaţa este rezultatul firesc, poate chiar inevitabil, al anumitor

condiţii ambientale de bază, sugerând un cosmos în care viata abundă?

*

Pentru abordarea unor întrebări atât de ample avem nevoie de principii cu o amplitudine comparabilă. Am văzut deja suficiente dovezi despre vasta aplicabilitate a termodinamicii, singura teorie fizică despre care Einstein putea afirma fără rezerve că „nu va fi niciodată răsturnată”.[40] Poate că analizând natura vieţii – originea şi evoluţia ei – vom putea extinde şi mai mult perspectiva termodinamică.

Este exact ceea ce au făcut oamenii de ştiinţă în ultimele câteva decenii. Disciplina de cercetare care a apărut (numită *termodinamică de neechilibru)* analizează sistematic tipurile de situaţii cu care neam întâlnit deja în repetate rânduri: o energie de calitate înaltă care străbate un sistem, alimentând pasul în doi entropie şi permiţând astfel sistemului să se opună tendinţei către dezordine internă, care altminteri ar prevala. Specialistul belgian în chimie fizică Ilya

Prigogine, căruia în 1977 i s-a decernat Premiul Nobel pentru munca sa de pionierat în domeniu, a dezvoltat aparatul matematic pentru analizarea acelor configuraţii ale materiei care, atunci când sunt supuse unei surse continue de energie, pot deveni în mod spontan ordonate – ceea ce Prigogine numea „ordine din haos”. Dacă aţi avut un curs bun de fizică la liceu, aţi întâlnit poate un exemplu simplu, dar impresionant: celulele Bénard, încălziţi o farfurie întinsă care conţine ulei vâscos. La început nu se întâmplă mare lucru. Dar, pe măsură ce măriţi energia care circulă prin lichid, mişcările moleculare aleatorii conspiră pentru a face ordinea vizibilă. Privind uleiul de sus, veţi observa că el formează un mozaic de mici celule hexagonale. Privind din lateral, veţi vedea că lichidul curge urinând un tipar ciclic stabil şi regulat, de la baza fiecărei celule până în partea ei superioară şi înapoi.

Din punctul de vedere al legii a doua a termodinamicii, o asemenea ordine spontană este cu totul neaşteptată. Ea apare din cauză că moleculele lichidului sunt supuse unei influenţe ambientale specifice: ele sunt continuu încălzite de flacără. Iar injectarea persistentă de energie are un impact semnificativ. în orice sistem vor exista ocazional fluctuaţii spontane care formează temporar un mic tipar ordonat, localizat. De regulă, asemenea fluctuaţii minuscule se dispersează rapid într-o formă

dezordonată. Dar analiza lui Prigogine a arătat că, atunci când moleculele formează anumite tipare speciale, ele devin excepţional de capabile să absoarbă energie, iar aceasta le asigură o soartă diferită. Dacă sistemul fizic primeşte un flux constant de energie concentrată din partea mediului, tiparele moleculare speciale pot folosi energia pentru a-şi menţine sau chiar amplifica forma ordonată, concomitent cu deversarea înapoi în mediu a unei forme degradate din acea energie (mai puţin accesibilă, mai dispersată). Tiparele ordonate se spune că disipează energia, şi de aceea sunt numite *structuri disipative.* Entropia totală, incluzând-o pe cea a mediului, creşte, dar pompând în mod constant energie într-un sistem, putem crea şi menţine ordinea prin intermediul unui pas în doi entropie susţinut.

Descrierea lui Prigogine e similară cu explicaţia fizică, formulată încă de Schrodinger, a modului în care organismele împiedică degradarea entropică. Evident, celulele Bénard nu sunt vii, dar fiinţele vii sunt de asemenea structuri disipative, absorbind energie din mediu, folosind-o pentru a-şi menţine sau consolida forma ordonată, şi eliberând înapoi în mediu o formă degradată a acelei energii. Rezultatele lui Prigogine au oferit o articulare matematică precisă a sloganului său „ordine din haos”: ulterior, mulţi cercetători au speculat că matematica ar putea fi dezvoltată în

continuare, permiţându-ne poate să înţelegem felul cum moleculele ordonate necesare vieţii au apărut din haosul mişcărilor moleculare de pe Pământul primordial.

Dintre numeroasele contribuţii la acest program, lucrările recente ale lui Jeremy England (care extind rezultate anterioare ale unor cercetători precum Christopher Jarzynski şi Gavin Crooks) prezintă un interes aparte.[41] Prin manipulări matematice ingenioase, England a dezvăluit implicaţiile celei de-a doua legi a termodinamicii atunci când e aplicată unor sisteme alimentate de o sursă de energie externă. Pentru a vă forma o idee despre acest rezultat, imaginaţi-vă că sunteţi pe un leagăn într-un parc. Aşa cum prin intuiţie ştie orice copil, trebuie să-ţi balansezi picioarele (şi să-ţi înclini corpul) în ritmul adecvat pentru a menţine leagănul într-o mişcare ritmică, agreabilă. Iar acel ritm, potrivit fizicii elementare, depinde de distanţa dintre scaun şi axul leagănului. Dacă îţi balansezi picioarele într-un ritm nepotrivit, discordanţa va împiedica leagănul să absoarbă în mod eficient energia pe care i-o furnizezi, şi nu te vei ridica prea mult. Imaginaţi-vă însă că leagănul acesta special are o caracteristică neobişnuită: în timp ce balansaţi picioarele, lungimea lui se modifică, el ajustându-şi perioada mişcării în acord cu cea a picioarelor voastre. Această „adaptare” permite leagănului să intre rapid în ritm, să preia energia pe

care i-o furnizaţi şi să atingă repede o înălţime satisfăcătoare în fiecare ciclu. După aceea, energia produsă de balansul picioarelor e absorbită de leagăn, dar nu-l mai ridică şi mai sus. în schimb, energia pe care o furnizaţi îl menţine într-o mişcare constantă, compensând forţele de frecare şi producând, în proces, reziduuri (căldură, sunet etc.) care sunt disipate în mediu (asta presupunând că nu sunteţi la fel de imprudenţi ca fiica mea, care aşteaptă ca leagănul să ajungă în punctul cel mai înalt pentru a sări de pe scaun şi a disipa apoi energia rostogolindu-se pe pământ).

Analizele matematice ale lui England au arătat că în domeniul molecular particulele care sunt „împinse” de o sursă de energie externă pot avea o experienţă analoagă cu escapada voastră pe terenul de joacă. Un ansamblu iniţial dezordonat de particule îşi poate adapta configuraţia pentru „a intra în ritm” – a forma un aranjament care absoarbe într- un mod mai eficient energia din mediul înconjurător, o foloseşte pentru a menţine sau amplifica mişcarea sau structura internă ordonată, după care disipează înapoi în mediu o formă degradată a acelei energii.

England numeşte acest proces *adaptare disipativă.* El propune un mecanism universal care poate convinge anumite sisteme moleculare să se ridice şi să danseze pasul în doi entropie. Şi fiindcă astfel îşi asigură existenţa fiinţele vii – ele

absorb energie de calitate înaltă, o folosesc, iar apoi restituie energie de calitate joasă sub formă de căldură şi alte reziduuri –, poate că adaptarea disipativă a fost esenţială pentru originea vieţii.[42] England semnalează că replicarea în sine e un instrument puternic de adaptare disipativă: dacă un ansamblu mic de particule a devenit eficient în absorbirea, folosirea şi eliminarea energiei, atunci două asemenea ansambluri sunt mai eficiente, şi cu atât mai mult patru, opt etc. S-ar putea atunci ca molecule capabile de replicare să fie un rezultat *previzibil* al adaptării disipative. Iar odată cu apariţia pe scenă a unor molecule reproducătoare, darwinismul molecular devine activ, şi marşul către viaţă începe.

Ideile acestea abia încep să se contureze, dar sunt convins că ele l-ar fi făcut fericit pe Schrodinger. Folosind principii fizice fundamentale, am elaborat explicaţii pentru big bang, formarea stelelor şi planetelor, sinteza atomilor complecşi, iar acum determinăm modul cum acei atomi se pot aranja în molecule reproducătoare bine adaptate pentru a extrage energie din mediu în scopul construirii şi menţinerii unor forme ordonate. Dată fiind puterea darwinismului molecular de a selecta ansambluri moleculare tot mai bine adaptate, ne putem imagina că unele dintre ele au dobândit capacitatea de a depozita şi transmite informaţia. Un manual de instrucţiuni transmis de la o

generaţie moleculară la următoarea, care păstrează strategii de adaptare bine verificate, este o forţă puternică pentru supremaţia moleculară. Acţionând de-a lungul a sute de milioane de ani, aceste procese au putut modela treptat primele forme de viaţă.

Indiferent dacă detaliile acestor idei vor supravieţui sau nu viitoarelor descoperiri, o schiţă a istoriei vieţii în conformitate cu fizica prinde contur. Iar dacă acea istorie se dovedeşte a fi atât de generală pe cât sugerează lucrări recente, viaţa ar putea fi un atribut comun al cosmosului. Dar oricât de captivant ar fi acest fapt, una e viaţa, şi cu totul alta viaţa inteligentă. A găsi microbi pe Marte sau pe Europa, satelitul lui Jupiter, ar fi o descoperire monumentală. Dar ca fiinţe gânditoare, comunicative, creative, am fi tot singuri.

Şi atunci, care e drumul de la viaţă la conştiinţă?

---

9. Michael Nelson Trout (n. 1991) este un jucător american profesionist de baseball, supranumit „meteoritul din Millville” (n. tr.).

10. *Obsessive Compulsive Disorder,* tulburare obsesiv-compulsivă, tulburare psihică în care o persoană e obsedată de anumite gânduri sau simte nevoia să repete nejustificat anumite gesturi (n. tr.).

5.PARTICULELE ŞI CONŞTIINŢA

De la viaţă la minte

Undeva între primele celule procariote din urmă cu patru miliarde de ani şi cei nouăzeci de miliarde de neuroni ai creierul omenesc, încâlciţi într-o reţea de o sută de bilioane de conexiuni sinaptice, a apărut capacitatea de a gândi şi a simţi, a iubi şi a urî, a se teme şi a năzui, a sacrifica şi a venera, a imagina şi a crea – capacităţi nou descoperite care vor declanşa deopotrivă înfăptuiri spectaculoase şi distrugeri incalculabile. „Căci totul începe prin conştiinţă, şi nimic nu are valoare decât prin ea”[1], după cum spunea Albert Camus. Până în anii din urmă însă, conştiinţa a fost un cuvânt indezirabil în ştiinţele empirice. Sigur, cercetătorilor şovăielnici aflaţi la apusul carierei li se poate ierta dacă-şi îndreaptă atenţia asupra subiectului marginal al minţii, dar curentul principal al cercetării ştiinţifice are ca scop înţelegerea realităţii obiective. Iar pentru mulţi, mult timp, conştiinţa nu s-a încadrat aici. Vocea care pălăvrăgeşte în capul tău, ei bine, ea poate fi auzită numai în capul tău.

Este o atitudine paradoxală. Maxima lui Descartes „Cogito, ergo sum” rezumă contactul nostru cu realitatea. Tot restul

ar putea fi o iluzie, dar gândirea e un lucru de care şi scepticul inveterat poate fi sigur. Şi, în pofida jocului de cuvinte al lui Ambrose Bierce „Gândesc că gândesc, prin urmare gândesc că exist”[2], pledoaria în favoarea existenţei e convingătoare. Pentru ştiinţă, a nu acorda atenţie conştiinţei ar echivala cu a întoarce spatele singurului lucru pe care ne putem bizui. Intr-adevăr, timp de mii de ani mulţi au negat caracterul final al morţii legându-şi speranţele existenţiale de conştiinţă. Corpul moare. Acesta e un fapt vizibil, evident, incontestabil. Dar vocea noastră lăuntrică aparent persistentă, precum şi bogăţia de gânduri, senzaţii şi emoţii care umplu fiecare dintre lumile noastre subiective vorbesc despre o prezenţă eterică, pe care unii şi-au imaginat-o exterioară faptelor mundane ale existenţei fizice. Atman, anima, suflet nemuritor – i s-au dat multe nume, dar toate desemnează credinţa că şinele conştient ţine de ceva care supravieţuieşte formei fizice, ceva care transcende ştiinţa mecanicistă tradiţională. Mintea ne leagă nu doar de realitate, dar poate că şi de eternitate.

Aici se află un indiciu mai revelator privind motivul pentru care ştiinţele empirice au respins mult timp tot ce are legătură cu conştiinţa. Ştiinţa reacţionează la discursuri despre tărâmuri care transcend legile fizicii cu o grimasă exasperată, un stânga-împrejur şi o grabnică întoarcere în laborator. Dispreţul

acesta reprezintă atitudinea ştiinţifică dominantă, dar totodată scoate în evidenţă o lacună critică în naraţiunea ştiinţifică. Nu am reuşit încă să articulăm o explicaţie ştiinţifică robustă a experienţei conştiente. Nu dispunem de o descriere convingătoare a modului în care conştiinţa face manifestă o lume personală de imagini, sunete şi senzaţii. Nu putem încă răspunde, cel puţin nu cu toată convingerea, la afirmaţiile care situează conştiinţa în afara ştiinţei convenţionale. E puţin probabil ca lacuna să fie umplută curând. Aproape toţi cei care au reflectat asupra gândirii îşi dau seama că a descifra conştiinţa, a explica lumile noastre interioare în termeni pur ştiinţifici reprezintă una dintre cele mai formidabile provocări.

Isaac Newton a aprins flacăra ştiinţei moderne când a descoperit tipare în porţiunile realităţii accesibile simţurilor şi le-a codificat în legile sale ale mişcării. în secolele scurse de atunci, ne-am dat seama că pentru a merge dincolo de Newton e necesar să deschidem trei căi distincte: Trebuie să înţelegem realitatea la scări mult mai mici decât a avut în vedere Newton, o cale care ne-a dus la fizica cuantică, care a explicat comportamentul particulelor fundamentale şi, între multe altele, procesele biochimice aflate la baza vieţii. Trebuie să înţelegem realitatea la scări mult mai mari decât a avut în vedere Newton, o cale care ne-a dus la

relativitatea generală, care a explicat gravitaţia şi, între multe altele, formarea stelelor şi a planetelor, esenţiale pentru apariţia vieţii. Cât priveşte a treia frontieră, cea mai labirintică dintre toate, trebuie să înţelegem realitatea la scări mult mai complexe decât a avut în vedere Newton, o cale despre care anticipăm că ne va conduce la o explicaţie a modului în care ansambluri mari de particule pot fuziona pentru a produce viaţa şi a genera mintea.

Exersându-şi forţa intelectuală asupra unor probleme mult simplificate – ignorând, de exemplu, structurile interne agitate ale Soarelui şi ale planetelor şi tratându-le ca pe nişte sfere solide –, Newton a procedat corect. Arta ştiinţei, în care Newton era maestru, constă în a opera simplificări judicioase care fac problemele abordabile, reţinând totodată suficient din esenţa lor pentru a garanta că concluziile trase sunt relevante. Dificultatea constă în faptul că simplificările eficiente pentru o categorie de probleme pot fi mai puţin eficiente pentru altele. Consideraţi planetele sfere solide, şi le puteţi calcula traiectoriile cu uşurinţă şi precizie.

Consideraţi capul omenesc o sferă solidă, iar concluziile despre natura minţii vor fi mai puţin edificatoare. Dar a renunţa la aproximaţiile neproductive şi a dezvălui mecanismele interne ale unui sistem conţinând atât de multe particule precum creierul – un scop vrednic de laudă – ar

presupune stăpânirea unui nivel de complexitate care depăşeşte considerabil posibilităţile celor mai sofisticate metode matematice şi de calcul actuale.

Ce s-a schimbat în ultimii ani este că am căpătat acces la caracteristici observabile şi măsurabile ale activităţii cerebrale care se leagă de procese ce însoţesc fără îndoială experienţa conştientă. Când cercetătorii folosesc imagistica funcţională prin rezonanţă magnetică pentru a urmări în detaliu fluxul sanguin care întreţine activitatea neurală, sau introduc sonde cerebrale de profunzime pentru a detecta impulsurile electrice de-a lungul neuronilor individuali, sau folosesc encefalograme pentru a monitoriza undele electromagnetice care străbat creierul, iar datele dezvăluie tipare evidente ce reflectă deopotrivă comportamentul observat şi raportările experienţei interioare, argumentele în favoarea abordării conştiinţei ca fenomen fizic se întăresc substanţial. încurajaţi de aceste progrese impresionante, cercetători îndrăzneţi consideră că a sosit momentul pentru dezvoltarea unei baze ştiinţifice a experienţei conştiente.

Conştiinţă şi naraţiune

în urmă cu câţiva ani, în timpul unei discuţii amabile, dar aprinse, despre rolul matematicii în descrierea universului, i-am spus cu emfază prezentatorului unei

emisiuni televizate nocturne că nu e decât un sac de particule guvernate de legile fizicii. Nu fusese o glumă, deşi el i-a dat numaidecât o turnură comică. („Hei, grozave cuvinte ca să agăţi pe cineva.”). Nici nu intenţionasem să-l jignesc, căci în privinţa asta tot ce e adevărat pentru el mi se aplică în egală măsură şi mie. în schimb, remarca dovedea ataşamentul meu adânc înrădăcinat faţă de reducţionism, potrivit căruia, dacă înţelegem pe deplin comportamentul ingredientelor fundamentale ale universului, putem spune povestea riguroasă şi de sine stătătoare a realităţii. Nu dispunem de o schiţă completă a acestei povestiri, deoarece multe probleme aflate în avangarda cercetării sunt încă nerezolvate; cu unele dintre ele ne vom întâlni curând. îmi pot imagina totuşi un viitor în care oamenii de ştiinţă vor putea oferi o descriere matematică completă a proceselor microfizice fundamentale care stau la baza a tot ceea ce se întâmplă, oriunde şi oricând.

Există ceva consolator în această perspectivă, ceva ce rezonează cu gândul lui Democrit din urmă cu două mii cinci sute de ani: „Dulcele e dulce, amarul e amar, fierbintele e fierbinte, recele e rece, culoarea e culoare; dar în realitate nu există decât atomii şi spaţiul vid.”[3] Ideea este că totul apare din acelaşi set de ingrediente, guvernat de aceleaşi principii fizice. Iar acele principii, după cum atestă câteva secole de observaţii, experimente

şi teoretizări, vor fi probabil exprimate prin câteva simboluri aranjate într-un mic set de ecuaţii matematice. Acesta e un univers elegant.[4]

Oricât de puternică ar fi o asemenea descriere, ea ar rămâne doar una între multe alte poveşti pe care le spunem. Avem capacitatea să schimbăm focalizarea, să modificăm rezoluţia, să abordăm lumea într-o mare diversitate de moduri. în vreme ce o descriere reducţionistă completă ar oferi un fundament ştiinţific solid, alte descrieri ale realităţii, alte poveşti, oferă perspective pe care mulţi le consideră mai relevante fiindcă sunt mai aproape de experienţă. Aşa cum am văzut, pentru a spune unele dintre aceste poveşti e nevoie de concepte noi şi de un limbaj nou. Entropia ne ajută să spunem povestea caracterului aleatoriu şi organizării în ansambluri mari de particule, indiferent dacă ele provin dintr-un cuptor sau se condensează în stele. Evoluţia ne ajută să spunem povestea hazardului şi a selecţiei atunci când ansambluri de molecule – vii sau nu – se reproduc, suferă mutaţii şi treptat devin mai bine adaptate mediului lor.

O poveste pe care mulţi o consideră încă şi mai relevantă se concentrează asupra conştiinţei. A îmbrăţişa gândurile, emoţiile şi amintirile înseamnă a îmbrăţişa esenţa experienţei umane. Este totodată o poveste care necesită o perspectivă calitativ diferită faţă de toate celelalte pe

care le-am adoptat până acum. Entropia, evoluţia şi viaţa pot fi studiate „acolo afară”. Poveştile lor pot fi spuse în întregime la persoana a treia. Suntem martori la aceste poveşti, iar dacă suntem îndeajuns de sârguincioşi, expunerea noastră poate fi exhaustivă. Aceste poveşti sunt consemnate în cărţi deschise.

Altfel arată o poveste care include conştiinţa. O poveste care pătrunde în senzaţiile lăuntrice ale imaginii sau sunetului, ale bucuriei sau tristeţii, ale confortului sau durerii, ale calmului sau anxietăţii se bizuie pe o relatare la persoana întâi. E o poveste spusă de vocea interioară a conştiinţei după un scenariu personal al cărui autor poate fi oricare dintre noi. Am nu doar experienţa unei lumi subiective, ci şi senzaţia clară că din interiorul acelei lumi îmi controlez acţiunile. Fără îndoială că în ce

*

priveşte acţiunile voastre aveţi o senzaţie similară.

La naiba cu legile fizicii; gândesc, prin urmare controlez. Pentru a înţelege universul la nivelul conştiinţei e nevoie de o poveste capabilă să abordeze o realitate subiectivă absolut personală şi aparent autonomă.

Pentru a înţelege conştiinţa ne confruntăm aşadar cu două dificultăţi distincte, dar înrudite. Poate materia, de una singură, să producă senzaţiile care inspiră conştiinţa? E posibil ca sentimentul nostru conştient de autonomie să nu fie decât legile fizicii

acţionând asupra materiei care alcătuieşte creierul şi corpul? La aceste întrebări Descartes a răspuns cu un categoric nu. în concepţia lui, deosebirea evidentă dintre materie şi minte reflectă o diviziune profundă. Universul conţine substanţă fizică. Universul conţine substanţă mentală. Substanţa fizică o poate influenţa pe cea mentală, iar substanţa mentală o poate influenţa pe cea fizică. Dar cele două tipuri de substanţă sunt diferite. în limbaj modern, atomii şi moleculele nu sunt substanţa gândirii.

Perspectiva lui Descartes e atrăgătoare. Pot depune mărturie că mesele şi scaunele, pisicile şi câinii, iarba şi copacii se deosebesc de gândurile din capul meu, şi bănuiesc că aţi fi de acord. De ce particulele care alcătuiesc elementele palpabile ale realităţii exterioare şi legile fizicii care le guvernează trebuie să aibă vreo relevanţă pentru a explica lumea mea interioară a experienţei conştiente? Prin urmare, ar trebui pesemne să ne aşteptăm ca o înţelegere a conştiinţei să nu fie doar o poveste de un nivel superior, o poveste care doar îşi mută privirea dinspre exterior către interior, ci un tip fundamental diferit de poveste, care presupune o revoluţie conceptuală de anvergura celor reprezentate de fizica cuantică şi relativitate.

Mă pasionează revoluţiile intelectuale. Nu există nimic mai palpitant decât o descoperire care schimbă complet

perspectiva acceptată asupra lumii. Iar în cele ce urmează vom vorbi despre prefaceri cu care unii cercetători ai conştiinţei preconizează că ne vom confrunta. Din motive care vor deveni limpezi, bănuiesc că totuşi conştiinţa e mai puţin misterioasă decât pare. în acord cu exclamaţia mea din acel program TV nocturn şi, mai important, cu o serie de cercetători care şi-au consacrat viaţa profesională acestor întrebări, anticipez că într-o bună zi vom reuşi să explicăm conştiinţa doar pe baza unei cunoaşteri convenţionale a particulelor care alcătuiesc materia şi a legilor fizice care le guvernează. Aceasta va produce o revoluţie sui generis, instaurând hegemonia practic nelimitată a legilor fizicii, extinzându-se oricât de departe în lumea exterioară a realităţii obiective şi oricât de adânc în lumea interioară a experienţei subiective.

în umbră

Nu toate funcţiile creierului inspiră veneraţia acordată conştiinţei. O bună parte a activităţii neurologice e orchestrată dedesubtul suprafeţei conştiente. în timp ce priviţi un apus de soare, creierul procesează rapid datele transmise de bilioanele de fotoni care lovesc în fiecare secundă fotoreceptorii din retină, interpelează asiduu imaginea pentru a umple petele oarbe (locurile din ochi unde nervul optic se conectează cu

retina, transportând informaţia către nucleul genicular lateral al creierului şi către cortexul vizual), compensează în permanenţă deplasările ochilor şi mişcarea capului, operează corecţii pentru fotonii blocaţi sau împrăştiaţi de neregularităţile ochiului, întoarce imaginile în poziţia corectă, contopeşte porţiunile din fiecare imagine comune ambilor ochi etc., dar, cu toate acestea, în timp ce contemplaţi ultimele raze ale Soarelui, sunteţi complet inconştienţi de tot ce se întâmplă chiar în spatele ochilor voştri. O descriere similară e valabilă în timp ce citiţi aceste cuvinte. Arhitectura conştiinţei vă permite să vă concentraţi asupra ideilor conceptuale simbolizate de cuvinte, lăsând procesarea cantităţilor enorme de date vizuale şi lingvistice în seama unor funcţii ale creierului care trec neobservate. încă şi mai firesc, zi de zi mergem, vorbim, inima bate, sângele circulă, stomacul digeră, muşchii se contractă etc., iar toate acestea se întâmplă fără să trebuiască să le acordăm cea mai mică atentie.

Faptul că creierul e inundat de procese importante care se sustrag introspecţiei este o premisă cu o istorie îndelungată, exprimată sub nenumărate forme. Textele vedice scrise cu mii de ani în urmă invocă ideea de inconştient, iar referirile continuă de-a lungul secolelor în care gânditori profunzi au presupus existenţa unor arome de calităţi mentale inaccesibile simţului gustativ al

conştiinţei: Sfântul Augustin („înseamnă aceasta oare că spiritul este prea strâmt pentru a se putea cuprinde pe sine însuşi? Unde se duce atunci acea parte din sine pe care el nu o poate cuprinde?”)[5], Toma de Aquino („Mintea nu se vede pe ea însăşi prin esenţa ei”)[6], William Shakespeare („Ci bate la a inimii portiţă/ Şi-ntreabă de n-a cunoscut cumva.. .”)[7], Gottfried Leibniz („Muzica este exerciţiul aritmetic ascuns al unei minţi ce nu-şi dă seama că ea calculează”)[8]. Fascinante sunt şi procesele ce *par* să rezide dedesubtul radarului, dar cu toate acestea generează ecouri accesibile procesării conştiente. Abundă, de pildă, relatările în care mintea inconştientă rezolvă probleme şi furnizează soluţii fără să fie solicitată. Una dintre cele mai pitoreşti i se datorează farmacologului german Otto Loewi, care în noaptea dinaintea duminicii Paştelui din 1921 s-a trezit pentru scurt timp şi a scris în grabă o idee ce tocmai îi venise în vis. Dimineaţa, Loewi s-a trezit cu sentimentul copleşitor că nota nocturnă conţinea o idee vitală, dar oricât s-a străduit nu a reuşit s-o descifreze. în noaptea următoare a avut acelaşi vis, dar de data aceasta s-a dus imediat în laborator şi a urmat instrucţiunile din vis de a efectua un experiment care să testeze vechea lui ipoteză că procese chimice, şi nu electrice, sunt esenţiale pentru comunicarea celulară. Luni, experimentul inspirat de vis a fost efectuat, iar succesul său îi va aduce în

final lui Loewi Premiul Nobel.[9]

Cultura populară tinde să asocieze funcţiile subterane ale minţii cu contribuţiile lui Sigmund Freud (deşi mai mulţi oameni de ştiinţă formulaseră idei similare cu ani înainte)[10] şi cu vâltoarea curenţilor subterani de amintiri, dorinţe, conflicte, fobii şi complexe reprimate care, în concepţia lui, fac comportamentul uman instabil. Deosebirea importantă în epoca modernă este că speculaţiile, presentimentele şi intuiţiile cu privire la viaţa minţii se confruntă acum cu date anterior inaccesibile. Cercetătorii au elaborat metode ingenioase de a privi pe furiş peste umărul minţii şi a urmări activitatea creierului care se desfăşoară sub nivelul conştient.

Unele dintre studiile cele mai remarcabile implică pacienţi care şi-au pierdut într-o anumită măsură funcţiile neurologice. Un caz bine-cunoscut, implicând un subiect numit P.S. care a suferit leziuni ale emisferei cerebrale drepte, a fost documentat la finele anilor 1980 de Peter Halligan şi John Marshall.[11] Cum era de aşteptat în cazul unor asemenea distrugeri, P.S. nu putea furniza detalii despre extremitatea stângă a imaginilor care îi erau arătate. De exemplu, ea susţinea că două desene de culoare verde închis ale unei case erau identice, deşi partea din stânga a uneia din case era mistuită de un incendiu roşu. întrebată însă în care din case ar prefera să locuiască, P.S. indica invariabil casa

care nu ardea. Cercetătorii au arătat că, deşi P.S. era incapabilă să perceapă conştient vâlvătaia, informaţia intrase pe furiş şi îi influenţa decizia din culise.

Greierele sănătoase, la rândul lor, dezvăluie propria dependenţă de influenţe ascunse. Psihologii au stabilit că, oricât de atent ai fi, o imagine proiectată pe un ecran pentru mai puţin de aproximativ patruzeci de milisecunde (şi intercalată între alte două imagini cu durata ceva mai mare, numite măşti) nu va fi percepută conştient. Totuşi, asemenea imagini subliminale pot influenţa deciziile conştiente. Faimoasa afirmaţie despre creşterea consumului de băuturi nealcoolice datorită unor cadre subliminale cu „Bea Coca-Cola” proiectate în sălile de cinema, este un mit urban răspândit la sfârşitul anilor 1950 de un cercetător al pieţei aflat în dificultate.[12] Dar studii de laborator ingenioase au oferit dovezi convingătoare despre existenţa unor tipuri specifice de procese mentale clandestine.[13] De pildă, imaginaţi-vă că pe un ecran sunt proiectate numere între 1 şi 9, sarcina voastră fiind să stabiliţi rapid dacă sunt mai mari sau mai mici decât 5. Reacţia va fi mai rapidă dacă un anumit număr e precedat de proiecţia subliminală a unui număr aflat de aceeaşi parte a lui 5 ca numărul dat (de exemplu, dacă 4 e precedat de un 3 subliminal). Dimpotrivă, timpul de reacţie creşte dacă numărul dat e precedat de proiecţia subliminală a unui număr aflat de cealaltă

parte a lui 5 (de exemplu, dacă 4 e precedat de un 7 subliminal).[14] Chiar dacă nu eşti conştient de efemerele apariţii numerice, ele îţi trec fulgerător prin creier şi-ţi influenţează răspunsul.

Creierul coordonează miracole de regularizare, funcţionalitate şi explorare a datelor. Dar, oricât de minunate ar fi aceste activităţi, ele nu constituie un mister conceptual. Creierul trimite şi recepţionează semnale de-a lungul fibrelor nervoase, permiţându-i să controleze procesele biologice şi să genereze reacţii comportamentale. Pentru a determina cu precizie căile neurale şi detaliile fiziologice care stau la baza unor asemenea funcţii şi comportamente, oamenii de ştiinţă se confruntă cu misiunea de a cartografia teritorii vaste umplute cu circuite biologice complexe la un nivel de precizie mult dincolo de nivelul actual. Ce am aflat sugerează însă că, oricât de dificilă ar fi provocarea, avem toate motivele să credem că, folosind strategiile cunoscute ale ştiinţei, vom reuşi.

Iar dacă nu ar exista o anumită calitate agasantă a minţii, lucrurile s-ar opri aici. Dacă însă privim dincolo de sarcinile minţii şi examinăm senzaţiile ei – experienţa lăuntrică pe care o identificăm cu esenţa faptului de a fi om –, unii cercetători au ajuns la o prognoză diferită şi mult mai puţin optimistă pentru capacitatea ştiinţei tradiţionale de a oferi explicaţii. Ajungem astfel la ceea ce unii

numesc „problema dificilă” *[hard problem]* a conştiinţei.

Problema dificilă

într-o scrisoare adresată lui Henry Oldenburg, unul dintre cei mai prolifici corespondenţi de la începuturile ştiinţei moderne, Isaac Newton observa: „A determina mai precis ce este Lumina [...] şi prin ce modalităţi sau acţiuni produce ea în minţile noastre Fantasmele Culorilor nu e atât de simplu. Iar eu nu voi amesteca ipotezele cu certitudinile.”[15] Newton se străduia să explice experienţa cea mai comună: senzaţia interioară a unei culori sau a alteia. Să considerăm o banană. Nu e mare lucru, firește, să te uiţi la o banană şi să stabileşti că e galbenă. Cu aplicaţia adecvată, şi un telefon mobil o poate face. Dar din câte ştim, când un telefon anunţă că banana e galbenă, el nu are o senzaţie interioară de galben. El nu vede galben cu ochii minţii. Voi da. La fel şi eu. La fel şi Newton. Problema lui era să înţeleagă cum facem asta.

Problema e relevantă mult dincolo de „fantasmele” mentale de galben, albastru sau verde, în timp ce scriu aceste cuvinte, mâncând popcorn, cu o muzică discretă în fundal, percep o gamă de experienţe interioare: presiune pe vârfurile degetelor, persistenţa unui gust sărat, vocile magnifice ale celor de la Pentatonix, un monolog interior care negociază următoarea propoziţie din

această frază. Lumea voastră interioară asimilează aceste cuvinte, poate auzindu-le rostite de vocea interioară a minţii, în timp ce gândul poate că vă zboară la ultima bucată de prăjitură cu ciocolată din frigider. Ideea este că minţile noastre adăpostesc o gamă largă de senzaţii interioare – gânduri, emoţii, amintiri, imagini, dorinţe, sunete, mirosuri etc. – care toate fac parte din ceea ce numim conştiinţă.[16] Cât despre Newton sau banană, dificultatea e să stabilim în ce mod creierul nostru creează şi susţine lumile acestea vibrante ale experienţei subiective.

Pentru a înţelege cât de adânc e acest mister, imaginaţi-vă că posedaţi un simţ al văzului supraomenesc care vă permite să priviţi în creierul meu şi să vedeţi cele aproximativ o mie de bilioane de bilioane [IO^{27}] de particule – electroni, protoni şi neutroni – ciocnindu-se şi agitându-se, atrăgându-se şi respingându-se, circulând şi împrăştiindu-se.[17] Spre deosebire de ansamblurile mari de particule în derivă rezultate din coacerea pâinii, sau cele care se condensează pentru a forma o stea, particulele care constituie un creier sunt aranjate într-un tipar extrem de organizat. Dar chiar şi aşa, concentraţi-vă asupra oricăreia dintre aceste particule şi veţi constata că ea interacţionează cu celelalte prin intermediul aceloraşi forţe descrise de acelaşi formalism matematic, indiferent dacă acea particulă pluteşte în bucătărie, în coroana Stelei Polare sau în

interiorul cortexului meu prefrontal. Iar în descrierea matematică, confirmată de decenii de date provenite de la acceleratoare de particule şi telescoape puternice, nu există nici un indiciu privind experienţele interioare pe care, într-un fel sau altul, le generează acele particule. Cum poate un ansamblu de particule lipsite de minte, gânduri şi emoţii să se asocieze şi să producă senzaţiile interioare de culoare sau sunet, jubilare sau mirare, confuzie sau surpriză? Particulele pot avea masă, sarcină electrică şi alte câteva proprietăţi similare (sarcini nucleare, care sunt versiuni mai exotice ale sarcinii electrice), dar toate aceste calităţi par să nu aibă nici o legătură cu ceva cât de cât asemănător experienţei subiective. Şi atunci, cum poate un vârtej de particule din interiorul unui cap – căci la asta se reduce un creier – să creeze impresii, senzaţii şi sentimente?

Filozoful Thomas Nagel a oferit o descriere clasică şi deosebit de plastică a lacunei explicative.[18] Cum este, s-a întrebat el, să fii liliac? Imaginaţi-vă: plutiţi pe un strat de aer deasupra unui peisaj întunecat, emiţând în permanenţă strigăte ca un răpăit de pocnete care generează ecouri ale copacilor, stâncilor şi insectelor, permiţându-vă să cartografiaţi mediul. Din sunetul reflectat vă daţi seama că în fata voastră se află un ţânţar care ţâşneşte spre dreapta, aşa încât vă năpustiţi asupra lui şi savuraţi o

mică îmbucătură. Deoarece modul nostru de a interacţiona cu lumea e profund diferit, imaginaţia nu ne poate duce prea departe în lumea interioară a liliacului. Chiar dacă am dispune de o descriere completă a fizicii, chimiei şi biologiei subiacente fundamentale care fac ca un liliac să fie liliac, ea tot nu ar putea accede la experienţa subiectivă, „la persoana întâi”, a liliacului. Oricât de detaliate ar fi cunoştinţele noastre materiale, lumea interioară a liliacului pare inaccesibilă.

Ce este adevărat pentru liliac este adevărat pentru fiecare dintre noi. Sunteţi roiuri de particule în interacţiune. La fel şi eu. Şi, deşi înţeleg cum pot particulele voastre să transmită informaţia că aţi văzut culoarea galbenă – particulele din traiectul vostru vocal, gura şi buzele trebuie doar să-şi coordoneze mişcările pentru a produce acel comportament exterior –, îmi este mult mai greu să înţeleg cum vă produc acele particule experienţa interioară subiectivă de galben. Deşi înţeleg cum vă fac particulele voastre să zâmbiţi sau să vă încruntaţi – din nou, e nevoie doar ca ele să-şi coordoneze în mod adecvat mişcările –, nu reuşesc să înţeleg cum produc acele particule o senzaţie interioară de bucurie sau tristeţe. într-adevăr, deşi am acces direct la lumea mea interioară, mi-e la fel de greu să înţeleg cum apare lumea aceea din mişcarea şi interacţiunea propriilor mele particule.

Desigur că încercarea de a explica multe alte lucruri în termenii unui reductionism fără compromisuri, de la taifunurile din Pacific la erupţiile vulcanice, s-ar izbi de obstacole. Dar dificultatea pe care o prezintă aceste evenimente, şi o lume întreagă de exemple similare, constă doar în a descrie complexa dinamică a unui număr fantastic de mare de particule. Dacă am putea depăşi acel obstacol tehnic, problema ar fi rezolvată.[19] Iar asta fiindcă nu există o senzaţie interioară de „cum e să fii” un taifun sau un vulcan. Taifunurile şi vulcanii nu au, din câte ştim, lumi subiective de experienţă interioară. Nu simţim lipsa relatărilor la persoana întâia. Dar pentru tot ce e conştient tocmai asta lipseşte descrierii noastre obiective la persoana a treia.

în 1994, David Chalmers, un tânăr filozof australian, cu părul căzându-i pe umeri, a luat cuvântul la congresul anual despre conştiinţă din Tucson şi a numit acest neajuns „problema dificilă” a conştiinţei. Nu-i vorba că problema „uşoară” – a înţelege mecanismele proceselor cerebrale şi rolul lor în imprimarea amintirilor, reacţia la stimuli şi modelarea comportamentului – e uşoară. Doar că în cazul acelui gen de probleme ne putem imagina ce formă trebuie să aibă soluţia; putem articula o abordare de principiu la nivelul particulelor, sau al unor structuri mai complexe precum celulele şi nervii, ce

pare coerentă. Dificultatea de a ne imagina o asemenea soluţie în cazul conştiinţei explică aprecierea lui Chalmers. El a susţinut nu doar că lipseşte o punte de legătură între particulele fără minte şi experienţa mentală, dar încercarea de a construi una folosind un plan reducţionist – pornind de la particulele şi legile care constituie baza fundamentală a ştiinţei aşa cum o cunoaştem – e sortită eşecului.

Aprecierea a atins o coardă – armonioasă pentru unii, disonantă pentru alţii – care de atunci nu a încetat să rezoneze în cercetările asupra conştiinţei.

Ce se-ntâmplă cu Mary

E uşor să fii superficial când vine vorba de problema dificilă. în trecut, reacţia mea trebuie să fi părut astfel. întrebat fiind, răspundeam adesea că experienţa conştientă nu e decât ceea ce se simte atunci când în creier are loc un anumit tip de procesare a informaţiei. Dar întrucât chestiunea esenţială este tocmai de a explica existenţa acestui „se simte”, răspunsul anulează prea repede problema dificilă ca şi cum n-ar fi dificilă, ba chiar ca şi cum n-ar fi o problemă. Eufemistic vorbind, răspunsul se aliniază opiniei larg răspândite că se face prea mare caz de gândire. în vreme ce unii adepţi ai problemei dificile susţin că pentru a înţelege conştiinţa va trebui să introducem concepte din afara ştiinţei

convenţionale, alţii – aşa-numiţii *fizicalişti* – anticipează că, interpretate inteligent şi aplicate creator, metodele ştiinţifice tradiţionale, invocând exclusiv proprietăţi fizice ale materiei, se vor dovedi suficiente. Perspectiva fizicalistă rezumă foarte bine concepţia pe care eu însumi am susţinut- o mult timp.

însă cu trecerea anilor, reflectând mai atent asupra problemei conştiinţei, am avut momente de îndoială. Cel mai frapant s-a produs la întâlnirea cu influentul argument prezentat de filozoful Frank Jackson cu un deceniu înainte ca problema dificilă să fi fost numită astfel.[20] Jackson spune o poveste simplă care, uşor dramatizată, decurge după cum urmează. Să ne imaginăm că în viitorul îndepărtat trăieşte o fată extrem de inteligentă, Mary, care suferă de un daltonism total. încă de la naştere, totul în lumea ei a apărut doar în alb şi negru. Starea ei îi intrigă chiar şi pe cei mai renumiţi medici, de aceea Mary hotărăşte că numai de ea depinde să-i dea de capăt. Stimulată de visul ei de a-şi vindeca deficienţa, Mary se dedică unor ani de studii, observaţii şi experimente intense. în final, ea devine cel mai mare specialist în neuroştiinţă din câţi a văzut lumea vreodată, atingând un scop care omenirii îi scăpase multă vreme: ea descifrează până în ultimul detaliu structura, funcţia, fiziologia, chimia, biologia şi fizica creierului; stăpâneşte absolut tot ce se poate şti despre funcţionarea creierului, atât organizarea

lui globală, cât şi procesele sale microfizice; înţelege toate descărcările neurale şi cascadele de particule care se produc atunci când admirăm cerul albastru, savurăm o prună zemoasă sau ne lăsăm purtaţi de *Simfonia a IlI-a* a lui Brahms.

Cu această realizare, Mary poate identifica tratamentul pentru handicapul ei vizual şi se supune procedurii chirurgicale care s-o corecteze. Câteva luni mai târziu, medicii sunt gata să-i îndepărteze bandajele, iar Mary se pregăteşte să asimileze o nouă lume. Stând în fata unui buchet de trandafiri roşii, ea deschide încet ochii. Şi iată întrebarea: Din această primă experienţă a culorii roşii, va învăţa Mary ceva nou? Având în sfârşit experienţa interioară a culorii, va dobândi ea o cunoaştere nouă?

Reflectând asupra acestei poveşti, pare absolut evident că prima oară când percepe senzaţia interioară de roşu, Mary va fi copleşită. Surprinsă? Da. Emoţionată? Fireşte. Impresionată? Profund. Pare de la sine înţeles că această primă experienţă a culorii îi va extinde înţelegerea percepţiei umane şi a reacţiei interioare pe care o poate genera. Pornind de la această intuiţie simplă, Jackson ne îndeamnă să examinăm implicaţia. Mary învăţase tot ce era de ştiut despre funcţionarea fizică a creierului. Şi totuşi, prin această unică întâlnire, se pare că ea şi-a extins acea cunoaştere. A dobândit cunoaşterea experienţei conştiente care

însoţeşte reacţia creierului la culoarea roşie. Concluzia? *Cunoaşterea completă a funcţionării fizice a creierului omite ceva.* Ea nu reuşeşte să expună sau să explice senzaţiile subiective. Dacă cunoaşterea fizică ar fi fost exhaustivă, Mary şi-ar fi scos bandajele şi ar fi ridicat din umeri.

Când am citit prima oară această relatare, am simţit o subită afinitate cu Mary, ca şi cum aş fi suferit şi eu o intervenţie chirurgicală care mi-a deschis o fereastră, până atunci acoperită, asupra naturii conştiinţei. încrederea mea pripită că procesele fizice din creier *sunt* conştiinţa, că conştiinţa *este* senzaţia acestor procese, a fost brusc zdruncinată. Mary poseda toată cunoaşterea posibilă a tuturor proceselor fizice din creier, şi totuşi din scenariu reiese clar că o asemenea înţelegere e incompletă. Asta sugerează că în ce priveşte experienţa conştientă procesele fizice sunt o parte a poveştii, dar nu întreaga poveste. Când a apărut articolul lui Jackson, mult înainte ca eu să fi dat peste el, specialiştii au fost de asemenea incitaţi, iar în deceniile care au urmat Mary a provocat multe reacţii.

Filozoful Daniel Dennett ne cere să examinăm cu adevărat implicaţia cunoştinţelor exhaustive ale lui Mary privind faptele fizice. în opinia lui, ideea unei înţelegeri fizice complete ne e atât de profund străină, încât subestimăm grosolan puterea explicativă pe care ar putea s-o ofere. Cu o asemenea cunoaştere atotcuprinzătoare, de la fizica

luminii la biochimia ochilor şi la neuroştiinţa creierului, susţine Dennett, Mary *ar fi* capabilă să discearnă senzaţia interioară de roşu mult înainte de a o fi experimentat.[21] Când i se scot bandajele, Mary poate să reacţioneze la frumuseţea trandafirilor roşii, dar vederea culorii roşii pur şi simplu îi va confirma aşteptările. Filozofii David Lewis[22] şi Laurence Nemirow[23] adoptă o poziţie diferită, susţinând că Mary dobândeşte o nouă capacitate – de a identifica, a-şi aduce aminte şi a imagina experienţa interioară a roşului –, dar aceasta nu constituie un fapt nou situat în afara cunoştinţelor sale anterioare. La îndepărtarea bandajelor, Mary poate că nu ridică din umeri, dar exclamaţia ei de surprindere trădează doar încântarea în fata unui nou mod de a reflecta asupra unor cunoştinţe vechi. Jackson însuşi argumentează acum contra concluziei sale iniţiale, schimbându-şi atitudinea după ce ani în şir s-a gândit la Mary. Suntem atât de obişnuiţi să învăţăm lucruri despre lume prin experienţă directă, de exemplu să înţelegem senzaţia de roşu văzând culoarea roşie, încât presupunem tacit că aceste experienţe oferă singurele mijloace pentru dobândirea unor asemenea cunoştinţe. Potrivit lui Jackson, acest lucru nu e justificat. Deşi procesul de învăţare al lui Mary e nefamiliar, invocarea unor raţionamente deductive atunci când oamenii obişnuiţi se bizuie pe experienţa directă, stăpânirea desăvârşită a

cunoaşterii fizice îi va permite să determine cum e să vezi roşu.[24]

Cine are dreptate? Jackson cel iniţial şi adepţii primei sale incursiuni? Sau Jackson cel de mai târziu şi toţi cei convinşi că la vederea trandafirilor Mary nu află nimic nou?

Miza e mare. Dacă conştiinţa poate fi explicată pe baza unor fapte despre forţele fizice ale lumii acţionând asupra constituenţilor săi materiali, sarcina noastră va fi să determinăm cum. Dacă nu, sarcina noastră va fi mai amplă. Va trebui să determinăm noile concepte şi procese necesare pentru a înţelege conştiinţa, o călătorie care ne va duce aproape cu certitudine mult dincolo de limitele actuale ale ştiinţei.

Istoriceşte vorbind, am navigat cu încredere prin apele agitate ale intuiţiei umane identificând consecinţele testabile ale unor puncte de vedere contradictorii. Până acum, nimeni nu a propus un experiment, o observaţie sau un calcul capabile să rezolve definitiv problema ridicată de povestea lui Mary sau, mai ambiţios, să dezvăluie sursa experienţei interioare. în cea mai mare parte, considerentele de care dispunem pentru a evalua acele perspective şi care îndeplinesc cerinţele sunt plauzibilitatea şi atracţia intuitivă, criterii flexibile care, aşa cum vom vedea, au permis o diversitate de puncte de vedere.

O poveste despre două poveşti

Strategiile pentru explicarea conştiinţei acoperă un impresionant spectru de idei. La extremităţi se află poziţiile care fie resping conştiinţa ca pe o iluzie *(eliminativism),* fie declară că ea este singura calitate reală a lumii *(idealism).* între ele întâlnim o întreagă gamă de propuneri. Unele operează în limitele gândirii ştiinţifice tradiţionale, altele alunecă prin fisurile cunoaşterii ştiinţifice actuale, iar altele amplifică acele calităţi pe care de mult timp le considerăm ca definind realitatea la nivel fundamental. Două scurte povestiri oferă acestor propuneri un context istoric.

Dacă aţi fi tras cu urechea la discuţiile biologilor din secolele XVIII şi XIX, termenul de *vitalism* v-ar fi familiar. Era un concept care se referea la ceea ce am putea numi „problema dificilă” a vieţii: Dat fiind că ingredientele fundamentale ale vieţii sunt neînsufleţite, cum e posibil ca nişte ansambluri de asemenea ingrediente să fie vii? Răspunsul vitalismului, limpede şi răspicat, a fost că astfel de ansambluri nu pot să fie vii. Cel puţin nu pe cont propriu. Vitalismul a propus că ingredientul lipsă e o scânteie nefizică de forţă vitală care înzestrează materia neînsufleţită cu magia vieţii.

Dacă ati fi frecventat anumite cercuri ale fizicienilor din secolul XIX, aţi fi auzit vorbindu-se cu entuziasm despre electricitate şi magnetism în vreme ce

Michael Faraday şi alţii explorau mereu mai adânc tărâmul acesta care se dovedea tot mai fascinant. Unul dintre punctele de vedere cu care v- aţi fi întâlnit susţinea că aceste noi fenomene pot fi explicate în cadrul abordării mecaniciste standard a ştiinţei moştenită de la Isaac Newton. A găsi combinaţia ingenioasă de fluide în curgere şi roţi dinţate şi angrenaje miniaturale răspunzătoare de noile fenomene ar putea fi o sarcină dificilă, dar baza pentru înţelegerea lor exista deja. Dată fiind preconizata adecvare a raţionamentului ştiinţific convenţional, aceasta s-ar fi putut numi „problema uşoară" a electricităţii şi magnetismului.

Istoria a dovedit că aşteptările descrise în fiecare dintre aceste povestiri erau înşelătoare. Din perspectiva a două secole, enigma aproape mistică pe care-o reprezenta cândva viaţa s-a diminuat. Deşi nu înţelegem încă pe deplin originea vieţii, există un consens ştiinţific aproape universal că nu e nevoie de nici o scânteie magică. Tot ce e necesar sunt particule configurate într-o ierarhie de structuri – atomi, molecule, organite, celule, ţesuturi etc. Dovezile susţin cu tărie că actualul cadru al fizicii, chimiei şi biologiei este întru totul suficient pentru a explica viaţa. Problema dificilă a vieţii, deşi fără îndoială complicată, a fost reclasificată ca uşoară.

în cazul electricităţii şi magnetismului, datele colectate din experimente minuţioase i-au obligat pe oamenii de

ştiinţă să meargă dincolo de caracteristicile realităţii fizice acceptate anterior secolului XIX. Cunoaşterea existentă a cedat locul unei proprietăţi complet noi a materiei (sarcina electrică) care reacţionează la un tip complet nou de influenţă (câmpuri electrice şi magnetice care umplu spaţiul) şi e descrisă de un set complet nou de ecuaţii (douăzeci la număr în formularea iniţială) elaborat de James Clerk Maxwell. Deşi a fost rezolvată, problema „uşoară” a electricităţii şi magnetismului s-a dovedit a fi dificilă.[25]

Mulţi cercetători preconizează că povestea vitalismului se va repeta în cazul conştiinţei: pe măsură ce cunoştinţele noastre despre creier se vor aprofunda, problema dificilă a conştiinţei se va evapora încetul cu încetul. Deşi în prezent pare misterioasă, experienţa interioară va fi treptat percepută ca o consecinţă directă a activităţilor fiziologice ale creierului. Ceea ce lipseşte este o cunoaştere deplină a funcţionării interioare a creierului, nu un nou tip de substanţă mentală. Cândva, potrivit perspectivei fizicaliste, oamenii vor zâmbi amintindu-şi cum am învestit odinioară conştiinţa cu un asemenea mister pasionant, dar nejustificat.

Alţii consideră că povestea electromagnetismului oferă modelul relevant pentru conştiinţă. Atunci când înţelegerea lumii se confruntă cu fapte deconcertante, încercăm în mod firesc să le încorporăm în cadrul ştiinţific existent.

Dar unele fapte nu se potrivesc cu şabloanele existente. Unele fapte dezvăluie însuşiri noi ale realităţii. Conştiinţa, potrivit adepţilor acestei viziuni, abundă în fapte din această categorie. Dacă perspectiva aceasta se dovedeşte a fi corectă, înţelegerea experienţei subiective va impune o reconfigurare substanţială a terenului de joc intelectual, apărând pesemne ramificaţii profunde ce pot avea impact mult dincolo de problemele minţii.

Una dintre cele mai radicale propuneri de felul acesta provine chiar de la David Chalmers, însuşi dl. Problemă Dificilă.

Teorii despre tot

Convins că conştiinţa nu poate să apară dintr-un vârtej de particule lipsite de minte, Chalmers ne îndeamnă să luăm povestea electromagnetismului foarte în serios. Aşa cum fizicienii din secolul XIX au acceptat cu curaj că e inutil să încropească explicaţii forţate ale fenomenelor electromagnetice folosind ştiinţa convenţională a epocii, avem nevoie de acelaşi curaj ca să recunoaştem că pentru demistificarea conştiinţei trebuie să privim dincolo de calităţile fizice cunoscute.

Dar cum? O posibilitate, simplă şi îndrăzneaţă, este că particulele individuale posedă ele însele un atribut intrinsec al conştiinţei – să-l numim *proto-conştiinţă,* pentru a evita imaginea unor

electroni entuziaşti sau a unor cuarci irascibili – care nu poate fi descris în termenii a ceva „mai fundamental”. Altfel spus, descrierea noastră a realităţii trebuie să se extindă pentru a include o calitate subiectivă intrinsecă şi ireductibilă care impregnează ingredientele materiale elementare ale naturii. Multă vreme am omis această calitate a materiei, şi de aceea nu am reuşit până acum să explicăm bazele fizice ale experienţei conştiente. Cum poate un vârtej de particule lipsite de minte să creeze mintea? Nu poate. Pentru a crea o minte conştientă e nevoie de un vârtej de particule cu minte. Reunind calităţile lor proto-conştiente, un ansamblu mare de particule poate produce experienţa conştientă familiară. Propunerea, aşadar, este că particulele posedă un set bine studiat de proprietăţi fizice (masă, sarcină electrică, sarcini nucleare şi spin cuantic) precum şi calitatea până acum neglijată a proto-conştiinţei. Reînviind credinţele panpsihiste, ale căror rădăcini istorice datează încă din Grecia antică, Chalmers admite aşadar posibilitatea că conştiinţa e relevantă pentru tot ce e alcătuit din particule, indiferent că e vorba de creierul unui liliac sau de o bâtă de baseball.—

Dacă vă întrebaţi ce este de fapt proto-conştiinţa, sau cum impregnează ea o particulă, curiozitatea voastră e lăudabilă, dar acestea sunt întrebări la care Chalmers, sau oricine altcineva, nu poate să răspundă. Totuşi, e util să privim

aceste întrebări în context. Dacă mi-aţi pune întrebări similare despre masă sau sarcina electrică, aţi rămâne probabil la fel de nesatisfăcuţi. Nu ştiu ce este masa. Nu ştiu ce este sarcina electrică. Ceea ce ştiu este că masa produce o forţă gravitaţională şi reacţionează la ea, iar sarcina electrică produce o forţă electromagnetică şi reacţionează la ea. Prin urmare, deşi nu vă pot spune ce *sunt* aceste caracteristici ale particulelor, vă pot spune ce *fac* ele. într-un mod analog, poate că cercetătorii nu vor fi capabili să definească ce este proto-conştiinţa, dar cu toate acestea vor izbuti să elaboreze o teorie despre ce face ea – cum produce conştiinţă şi reacţionează la ea. în cazul influenţelor gravitaţională şi electromagnetică, îngrijorarea că înlocuirea unei definiţii intrinseci cu modul de acţiune şi reacţie echivalează cu o prestidigitaţie intelectuală e atenuată, pentru majoritatea cercetătorilor, de predicţiile spectaculos de exacte pe care le putem extrage din teoriile noastre matematice ale celor două forte. Poate că într-o zi vom avea o teorie matematică a proto-conştiinţei capabilă să facă predicţii la fel de reuşite. Deocamdată nu avem.

Oricât de straniu ar părea, Chalmers susţine că abordarea lui se încadrează perfect în limitele ştiinţei, dacă acestea sunt corect definite. Timp de secole, oamenii de ştiinţă s-au concentrat exclusiv asupra fenomenelor obiective ale realităţii, şi avându-le pe acestea drept

ţintă au elaborat ecuaţii care explică de minune datele experimentale şi observaţionale. Dar asemenea date sunt complet disponibile unei analize la persoana a treia. Chalmers sugerează că există şi alte date, cele ale experienţei interioare, şi probabil că şi alte ecuaţii, care captează tipare şi regularităţi în domeniul interior. Ştiinţa convenţională explică aşadar datele exterioare, pe când următoarea eră a ştiinţei va explica datele interioare.

Altfel spus, timp de mulţi ani a fost la modă o concepţie, deseori atribuită fizicianului John Wheeler (cunoscut publicului pentru a fi popularizat termenul de „gaură neagră”), potrivit căreia informaţia e „cea mai fundamentală” entitate fizică. Pentru a descrie starea lumii acum, furnizez informaţii care precizează configuraţia tuturor particulelor dansatoare şi câmpurilor unduitoare care umplu spaţiul. Legile fizicii preiau aceste informaţii ca date de intrare, iar la ieşire oferă
informaţii care definesc starea lumii la un moment ulterior. Potrivit acestei concepţii, fizica se ocupă cu procesarea informaţiei.

Folosind acest limbaj, propunerea lui Chalmers este că informaţia are două aspecte: pe de o parte e calitatea obiectivă, accesibilă unei descrieri la persoana a treia – informaţia care, timp de sute de ani, a fost domeniul fizicii convenţionale. Mai există apoi o calitate

subiectivă a informaţiei, accesibilă persoanei întâi, pe care fizica nu a luat-o în considerare până acum. O teorie completă a fizicii va trebui să includă nu doar informaţia exterioară, ci şi pe cea interioară, şi va avea nevoie de legi care să descrie evoluţia dinamică a fiecărui tip. Procesarea informaţiei interioare va oferi baza fizică a experienţei conştiente.

Visul lui Einstein privind o teorie unificată a fizicii, capabilă să descrie toate particulele şi forţele naturii în cadrul unui formalism matematic unic, a fost numit căutarea unei teorii despre tot. Descrierea aceasta bombastică nefericită, deseori aplicată domeniului meu de cercetare, teoria corzilor, explică de ce sunt atât de des întrebat despre concepţiile mele asupra conştiinţei. La urma urmei, conştiinţa s- ar părea că se încadrează perfect într-o teorie capabilă să explice *totul.* Şi totuşi, aşa cum le repet mereu acelora care mă întreabă, una e să înţelegi fizica particulelor elementare, şi cu totul altceva s-o foloseşti pentru a înţelege mintea. Construirea aparatului ştiinţific care să lege nivele extrem de diferite, în privinţa mărimii şi a complexităţii, este una dintre sarcinile ştiinţifice cele mai dificile. Dacă însă Chalmers are dreptate, conştiinţa va intra în registrul ştiinţei pe prima pagină, la nivelul ecuaţiilor fundamentale şi al constituenţilor primordiali. Ceea ce înseamnă că am putea ajunge cândva la o cunoaştere care să încorporeze atât latura externă, cât şi

pe cea internă a procesării informaţiei – procese fizice obiective şi experienţe conştiente subiective. *Aceasta* ar fi o teorie unificată. M-aş opune în continuare expresiei „teorie despre tot” – mă aştept ca oamenilor de ştiinţă să le fie în continuare greu să prezică ce voi mânca mâine la micul dejun dar o asemenea cunoaştere ar fi revoluţionară.

Este aceasta direcţia corectă? M-ar încânta să fie. Ne-am afla atunci la graniţa unui întreg nou domeniu al realităţii care aşteaptă să fie explorat. Dar, aşa cum probabil aţi presupus, există un mare scepticism că, în efortul său de a descoperi sursa conştiinţei, ştiinţa va trebui să călătorească în ţinuturi atât de exotice. Faimosul aforism al lui Cari Sagan că afirmaţiile extraordinare necesită dovezi extraordinare e o bună călăuză. Există dovezi copleşitoare privind ceva extraordinar – experienţele noastre interioare –, dar sunt dovezi mult mai puţin convingătoare că aceste experienţe depăşesc posibilităţile explicative ale ştiinţei convenţionale.

Cunoaşterea noastră s-ar adânci dacă am putea să identificăm condiţiile fizice necesare pentru generarea experienţelor subiective, o sarcină esenţială pentru teoria conştiinţei de care ne ocupăm acum.

Mintea integrează informaţia

Creierul este un ansamblu striat, umed,

de celule care procesează informaţia. Scanări ale creierului şi sonde invazive au stabilit că diferite părţi ale creierului sunt specializate în procesarea anumitor tipuri de informaţie – optică, auditivă, olfactivă, lingvistică etc.[26] Singură însă, procesarea informaţiei nu captează calităţile distinctive ale creierului. Numeroase sisteme fizice procesează informaţia, de la abac şi termostat până la computer, iar dacă e să luăm în serios perspectiva lui Wheeler, într-un anumit sens orice sistem fizic poate fi conceput ca un procesor de informaţie. Şi atunci ce distinge tipul de procesare a informaţiei care dă naştere conştiinţei? întrebarea aceasta îl călăuzeşte pe psihiatrul şi neurologul Giulio Tononi, căruia i s-a alăturat neurologul Christof Koch. Cercetările lor au dus la o abordare numită *teoria informaţiei integrate.*[27]

Pentru a vă face o idee despre această teorie, imaginaţi-vă că vă dăruiesc un Ferrari roşu nou- nouţ. Indiferent dacă sunteţi sau nu pasionat de maşinile sport de mare clasă, întâlnirea aceasta vă stimulează creierul cu o mulţime de date senzoriale. Informaţiile care exprimă calităţile vizuale, tactile şi olfactive ale maşinii, precum şi conotaţiile mai abstracte, de la puterea dezvoltată până la asocierile cu luxul şi bogăţia, se combină imediat într-o experienţă cognitivă unificată. Este o experienţă al cărei conţinut informaţional Tononi l-ar considera *foarte integrat.* Concentrându-

vă fie şi numai asupra culorii maşinii, observaţi că experienţa voastră nu e a unui Ferrari incolor, pe care apoi mintea îl vopseşte în roşu. Nici a unui mediu roşu abstract din care apoi mintea modelează un Ferrari. Deşi informaţiile despre formă şi culoare activează porţiuni diferite ale cortexului vizual, experienţa conştientă privind forma şi culoarea maşinii sunt inseparabile. Le percepeţi unitar. Potrivit lui Tononi, aceasta e o calitate intrinsecă a conştiinţei: Informaţiile care străbat experienţa conştientă sunt strâns întreţesute.

O a doua calitate intrinsecă a conştiinţei este capacitatea minţii de a reţine o gamă enormă de lucruri. De la un cortegiu ameţitor de experienţe senzoriale până la avânturi ale imaginaţiei, planuri şi gânduri abstracte, griji şi anticipări, dispunem de un repertoriu mental practic nelimitat. Ceea ce înseamnă că atunci când mintea e concentrată asupra unei anumite experienţe conştiente, de pildă un Ferrari roşu, aceasta e foarte diferenţiată în raport cu marea majoritate a celorlalte experienţe mentale pe care le-am putea avea în acel moment. Propunerea lui Tononi promovează aceste observaţii la statutul unei caracterizări definitorii: *conştiinţa este informaţie foarte integrată şi foarte diferenţiată.*

Majorităţii informaţiilor le lipsesc aceste calităţi. Fotografiaţi un Ferrari roşu şi examinaţi fişierul digital obţinut. Pentru a simplifica lucrurile, nu vă

preocupaţi de amănunte precum comprimarea imaginii şi imaginaţi-vă în schimb că fişierul constă dintr-o matrice de numere ale căror valori înregistrează informaţiile legate de culoarea şi strălucirea fiecărui pixel al imaginii. Numerele acestea sunt generate de fotodiode din aparatul de fotografiat care reacţionează la lumina reflectată de porţiuni distincte de pe suprafaţa maşinii. Cât de integrată e această informaţie? întrucât reacţia fiecărei fotodiode e independentă de ale celorlalte – nu există nici o comunicare sau legătură între ele –, informaţia din fişierul digital e complet compartimentată. Puteţi stoca datele pentru fiecare pixel într-un fişier separat, iar conţinutul total al informaţiei va rămâne neschimbat. Ceea ce înseamnă că nu există nici o integrare a informaţiei. Cât de diferenţiată e informaţia din fişierul digital? Deşi fişierul digital al unui aparat de fotografiat poate stoca o diversitate enormă de imagini posibile, conţinutul informaţional e restrâns la o matrice fixă * * de numere independente. Atât şi nimic mai mult. Un fişier foto digital nu e conceput pentru a examina etica pedepsei capitale sau a se strădui să demonstreze Ultima Teoremă a lui Fermat. în acest sens, conţinutul informaţional e extrem de limitat, ceea ce înseamnă că, în privinţa diferenţierii informaţiei, aparatul foto nu marchează multe puncte.

Prin urmare, în timp ce creierul

construieşte o reprezentare mentală, conţinutul informaţional al acesteia devine rapid foarte integrat şi foarte diferenţiat, dar în timp ce aparatul foto construieşte o fotografie digitală, informaţia nu dobândeşte nici una dintre aceste trăsături. De aceea, potrivit lui Tononi, aveţi o experienţă conştientă a unui Ferrari, pe când aparatul foto digital nu are.

Pentru ca aceste consideraţii să devină cantitative, Tononi a propus o formulă care atribuie o valoare numerică informaţiei conţinute în orice sistem dat, notată de obicei cu d>, valorile mari ale lui d> indicând o diferenţiere mai mare şi o integrare mai profundă – şi deci, potrivit teoriei, un nivel de conştientizare mai înalt. Abordarea prezintă aşadar un spectru continuu, de la sisteme simple, cu o mai redusă integrare şi diferenţiere a informaţiei, care pot avea experienţa unor forme rudimentare de conştiinţă, până la sisteme mai complexe, precum noi înşine, cu o integrare şi diferenţiere suficientă pentru a produce nivelul familiar de conştientizare, şi la posibilitatea unor sisteme încă şi mai complexe ale căror capacităţi informaţionale – şi experienţă conştientă – să le depăşească pe ale noastre.

La fel ca abordarea lui Chalmers, teoria lui Tononi are o tendinţă panpsihistă. Nimic din propunerea lui nu este intrinsec legat de o anumită structură fizică.

Experienţa noastră conştientă rezidă într-un creier biologic, dar, potrivit lui Tononi şi matematicii sale, o valoare suficient de mare a lui d>, indiferent dacă e conţinută în sinapse neurale sau în stele neutronice, înseamnă conştiinţă. Pentru unii, precum informaticianul Scott Aaronson, aceasta face teoria vulnerabilă la ceea ce el consideră un atac devastator. Calculele lui Aaronson au arătat că prin conectarea ingenioasă a unor porţi logice simple (cele „mai fundamentale" comutatoare logice), reţeaua rezultată poate avea valori oricât de mari ale lui d> – echivalente cu ale creierului uman sau chiar mai mari.[28] Conform teoriei, reţeaua de comutatoare trebuie să fie conştientă. Iar aceasta e o concluzie pe care Aaronson – şi intuiţia majorităţii oamenilor – o consideră absurdă. Răspunsul lui Tononi? Oricât de stranie şi nefamiliară ar fi concluzia, reţeaua va *fi* conştientă.

Acum, v-aţi putea gândi, nu se poate ca El să creadă asta *cu adevărat* Dar examinati-vă

*

neîncrederea în context. Cum e posibil ca 1.400 de grame de materie cerebrală, aprovizionată în mod adecvat cu sânge şi conectată la o reţea de nervi, să aibă experienţele conştiente familiare? *Aceasta* e afirmaţia, bazată pe tot ce a dezvăluit ştiinţa până în prezent, care pune credulitatea la încercare. Şi totuşi, datorită lumii voastre interioare, este o afirmaţie pe care o acceptaţi cu uşurinţă.

Dacă apoi vă prezint altceva, ceva lipsit de corp şi de creier, şi vă sugerez că este de asemenea conştient, efortul pentru a accepta această nouă afirmaţie poate părea semnificativ, dar de fapt, prin comparaţie, e modest. Admiţând sugestia aproape ridicolă că un boţ cenuşiu vâscos de neuroni are conştiinţă, aţi făcut deja pasul cel mare. Acesta nu e un argument în favoarea propunerii lui Tononi, dar arată limpede că familiaritatea ne poate deforma simţul absurdului.

Dacă această abordare se va dovedi corectă, ea va lămuri însuşirile pe care trebuie să le posede un sistem pentru a produce o experienţă conştientă. Acesta ar fi un progres substanţial. Totuşi, în forma sa actuală, teoria informaţiei integrate ne lasă să ne întrebăm de ce conştiinţa *se simte* aşa cum se simte. Cum poate informaţia foarte integrată şi foarte diferenţiată să producă conştiinţă de sine? Potrivit lui Tononi, o produce pur şi simplu. Sau, mai precis, el sugerează că aceasta ar putea fi o întrebare greşită. Sarcina noastră, în concepţia lui, nu e să explicăm cum apare experienţa conştientă dintr-un vârtej de particule, ci să determinăm condiţiile necesare pentru ca un sistem să aibă asemenea experienţe. Iar teoria informaţiei integrate tocmai asta încearcă să facă. Deşi apreciez această perspectivă, intuiţia mea, modelată de succesele spectaculoase ale explicaţiilor reducţioniste, va rămâne nesatisfăcută până când nu vom conecta

procesele fizice implicând ingredientele corpusculare familiare cu senzaţiile mentale.

O ultimă presupunere pe care o vom examina în continuare adoptă o strategie diferită. Este o explicaţie în întregime fizicalistă şi oferă una dintre abordările cele mai edificatoare ale misterului conştiinţei.

Mintea modelează mintea

Teoria conştiinţei a neurologului Michael Graziano începe cu o pereche de însuşiri bine-cunoscute ale funcţionării creierului, pe care toţi le putem accepta cu uşurinţă.[29] Pentru a le înţelege, să revenim la Ferrari. Să ne imaginăm că vedem exteriorul roşu lucios al maşinii, că simţim forma ergonomică netedă a mânerelor de la uşi, mirosul inconfundabil de maşină nouă etc. Intuitiv, ne gândim la toate acestea ca la experienţe directe ale unei realităţi exterioare, dar ştim de secole că nu este aşa. Ştiinţa modernă afirmă explicit lucrul acesta. Lumina roşie reflectată de suprafaţa unui Ferrari este un câmp electric care oscilează de aproximativ patru sute de bilioane [4xl0^{14}] de ori pe secundă la unghiuri drepte faţă de un câmp magnetic oscilant similar, ambele îndreptându-se spre noi cu trei sute de milioane de metri pe secundă. Aceasta e fizica luminii roşii, şi acesta e stimulul cu care se întâlnesc ochii.[30] De retinut că în descrierea fizică nu există

nimic „roşu”.* Culoarea roşie apare atunci când câmpul electromagnetic pătrunde în ochi, excită moleculele din retină sensibile la lumină şi generează un impuls purtat către cortexul vizual al creierului, care e specializat în procesarea informaţiei vizuale şi interpretează semnalul. Roşul este un construct uman care se naşte în adâncurile creierului. Dar mirosul acela de maşină nouă? O poveste similară. Scaunele, mocheta şi plasticul emană molecule de gaz care umplu aerul din interiorul maşinii. Nu există nici un miros de maşină nouă până când moleculele acelea nu pătrund în nări, vin în atingere cu neuronii receptori din epiteliul olfactiv şi generează un impuls care se propagă de-a lungul nervului olfactiv până în bulbul olfactiv, care retransmite semnalul procesat către diverse structuri neurologice pentru interpretare. La fel ca în cazul roşului, singurul loc unde se produce mirosul de maşină nouă e în interiorul creierului.

Prin urmare, atunci când acel Ferrari ne atrage atenţia, un ansamblu de mecanisme de procesare a datelor se pune în mişcare. Roşu, frumos mirositor, lucios, metalic, sticlă, roţi, motor, putere, mişcare, viteză etc. – o gamă de proprietăţi fizice şi capacităţi funcţionale sunt invocate şi reunite de creierul nostru în versiunea maşinii pe care o avem în minte. Până acum, asta pare similar cu teoria informaţiei integrate, dar propunerea lui Graziano ne duce într-o

altă direcţie. Teza lui centrală este că, oricât de atenţi am fi la detalii, reprezentările mentale sunt întotdeauna simplificate enorm. Chiar şi descrierea maşinii ca „roşie” este o stenogramă pentru numeroasele frecvenţe luminoase similare, dar distincte – multele nuanţe de roşu –, care sunt reflectate de diferite porţiuni ale suprafeţei maşinii: de exemplu, un punct aflat pe portiera şoferului reflectă unde electromagnetice care oscilează cu 435.172.874.363.122 cicli pe secundă; un punct aflat pe capotă reflectă unde care oscilează cu 447.892.629.261.106 cicli pe secundă etc.[31] Am ameţi dacă mintea ar fi confruntată cu o asemenea supraabundenţă de detalii. în schimb, „roşu” este o simplificare mentală bine-venită, deşi schematică. La fel şi în cazul imensei colecţii de simplificări similare pe care le efectuează în permanenţă mintea. Pentru aproape tot ce întâlnim în mediul înconjurător, o reprezentare schematică nu numai că e adecvată, dar şi eliberează resurse mentale pentru alte scopuri de susţinere a vieţii. Cu mult timp în urmă, creierele care s-au lăsat distrase de avalanşa detaliilor lumii fizice probabil că au fost rapid mâncate. Au supravieţuit acele creiere care au evitat să fie acaparate de amănunte fără valoare pentru supravieţuire. înlocuiţi maşina roşie cu o avalanşă tunătoare sau un cutremur de pământ, şi veţi vedea ce avantaj pentru supravieţuire e o

reprezentare mentală rapidă, chiar dacă imprecisă, care facilitează o reacţie promptă.

Atunci când atenţia noastră nu e îndreptată asupra maşinilor, avalanşelor sau cutremurelor de pământ, ci se concentrează asupra animalelor sau oamenilor, creăm în mod similar reprezentări mentale schematice. Dar, dincolo de reprezentările formelor lor fizice, creăm şi reprezentări mentale schematice ale minţii lor. încercăm să apreciem ce se petrece în capetele lor – dacă un anumit animal sau om e prieten sau duşman, dacă oferă siguranţă sau reprezintă un pericol, dacă urmăreşte avantajul reciproc sau câştigul egoist. Evident, a stabili rapid natura întâlnirii noastre cu alte fiinţe vii are o valoare considerabilă pentru supravieţuire. Cercetătorii numesc această capacitate, rafinată de-a lungul generaţiilor prin selecţie naturală, *teoria minţii*[22] (teoretizăm intuitiv că fiinţele vii sunt dotate cu minţi care funcţionează mai mult sau mai puţin asemănător cu a noastră) sau *atitudine intenţională*[22] (atribuim cunoaştere, credinţe, dorinţe şi, prin urmare, intenţii animalelor şi oamenilor cu care ne întâlnim).

Graziano subliniază că această capacitate o aplicăm în mod curent nouă înşine: creăm în permanenţă o reprezentare mentală schematică a stării noastre mentale. Dacă privim un Ferrari roşu, creăm o reprezentare schematică nu

doar a maşinii, ci şi a atenţiei noastre concentrate asupra acesteia. Toate trăsăturile pe care le reunim pentru a reprezenta acel Ferrari sunt amplificate de o calitate suplimentară care rezumă propria noastră concentrare mentală: Ferrariül e roşu, neted şi lucios, *iar* atenţia noastră e concentrată asupra faptului că Ferrariül e roşu, neted şi lucios. în felul acesta monitorizăm relaţia noastră cu lumea.

La fel ca în cazul reprezentării maşinii şi al modului cum ne reprezentăm atenţia celorlalţi, reprezentarea propriei noastre atenţii omite un număr mare de amănunte. Sunt ignorate descărcările neuronale subiacente, procesarea informaţiei şi schimburile complexe de semnale care generează concentrarea, iar în locul acestora e schiţată atenţia însăşi, ceea ce în limbajul comun numim de regulă „stare conştientă”. Potrivit lui Graziano, acesta e motivul esenţial pentru care experienţa conştientă pare să plutească neancorată în minte. Când predilecţia creierului pentru reprezentări schematice simplificate îi este aplicată lui însuşi, propriei sale atenţii, descrierea rezultată ignoră procesele fizice răspunzătoare pentru acea atenţie. De aceea, gândurile şi senzaţiile par eterice, ca şi cum ar veni de nicăieri, ca şi cum ar pluti în interiorul capului. Dacă reprezentarea schematică a corpului ar omite braţele, mişcarea mâinilor ne-ar părea de asemenea eterică. De aceea

experienţa conştientă pare complet distinctă de procesele fizice efectuate de constituenţii noştri celulari şi corpusculari. Problema dificilă pare dificilă – conştiinţa pare a transcende nivelul fizic – numai fiindcă modelele noastre mentale schematice suprimă cunoaşterea mecanismelor cerebrale care leagă gândurile şi senzaţiile de fundamentele lor fizice.

Atracţia unei teorii fizicaliste precum cea a lui Graziano (şi altele care au fost propuse şi dezvoltate)[34] este că, la fel ca viaţa, conştiinţa e redusă la aranjamente favorabile ale unor constituenţi neînsufleţiţi, lipsiţi de gânduri şi emoţii. Fără îndoială că între noi şi o asemenea ţară făgăduită a cunoaşterii reducţioniste se întinde un vast peisaj neurologic. Dar, spre deosebire de terra incognita preconizată de Chalmers, unde cercetătorii vor trebui să străbată ţinuturi stranii şi să-şi croiască drum printr-o vegetaţie nefamiliară, expediţia fizicalistă probabil că va oferi surprize mai puţin exotice. Dificultatea nu va consta în explorarea unei lumi străine, ci în cartografierea lumii noastre – creierul – cu detalii fără precedent. Familiaritatea terenului va face ca o călătorie reuşită să fie atât de miraculoasă. Fără să necesite o scânteie supraştiinţifică, fără să invoce noi calităţi ale materiei, conştiinţa va apărea pur şi simplu. Substanţa obişnuită, guvernată de legi obişnuite, efectuând procese obişnuite, va avea capacitatea

extraordinară de a gândi şi a simţi.

Am întâlnit mulţi oameni care se opun acestei perspective. Oameni care simt că orice încercare de a include conştiinţa în descrierea fizică a lumii depreciază cea mai preţioasă calitate a noastră. Oameni care sugerează că programul fizicalist e abordarea stângace a unor oameni de ştiinţă care sunt orbiţi de materialism şi nu-şi dau seama de adevăratele minuni ale experienţei conştiente. Fireşte, nimeni nu ştie cum vor evolua lucrurile. Poate că peste o sută sau o mie de ani programul fizicalist va părea naiv. Eu mă îndoiesc. Dar, admiţând această posibilitate, e de asemenea important să combatem prezumpţia că prin delimitarea unei baze fizice a conştiinţei o devalorizăm. Faptul că mintea poate să facă tot ceea ce face e extraordinar. Că ea poate realiza totul cu nimic altceva decât tipurile de ingrediente şi de forţe care ţin laolaltă ceaşca mea de cafea e încă şi mai extraordinar. Conştiinţa ar fi demistificată fără a fi diminuată.

Conştiinţa şi fizica cuantică

De-a lungul deceniilor, s-a spus adesea că fizica cuantică e esenţială pentru înţelegerea conştiinţei, într-un sens, este cu siguranţă adevărat. Structurile materiale, inclusiv creierul, sunt alcătuite din particule al căror comportament e guvernat de legile mecanicii cuantice. Prin urmare, mecanica cuantică e baza

fizică a tuturor lucrurilor, inclusiv mintea. Dar, atunci când conştiinţa întâlneşte cuantele, sunt sugerate conexiuni mai profunde. Multe dintre ele se explică printr-o lacună în înţelegerea mecanicii cuantice, care a rezistat unui secol de reflecţii ale unora dintre cele mai strălucite minţi ştiinţifice şi filozofice. Să explic.

Mecanica cuantică e cadrul teoretic cel mai riguros pentru descrierea proceselor fizice din câte au fost elaborate vreodată. Nici una dintre predicţiile sale n-a fost contrazisă de experimente repetabile, iar rezultatele unora dintre calculele cuantice cele mai detaliate concordă cu datele experimentale cu o precizie mai mare de unu la un miliard. Dacă limbajul cifrelor nu vă e familiar, le puteţi omite de cele mai multe ori. Dar nu şi acum. Să luăm de exemplu numărul pe care tocmai l-am menţionat: *calculele cuantice, bazate pe ecuaţia lui Schrodinger, concordă cu măsurătorile experimentale cu o precizie mai mare de nouă zecimale.*[35] Trompetele să sune, iar specia să facă o reverenţă, fiindcă aceasta reprezintă un triumf al cunoaşterii umane.

Şi totuşi, în miezul teoriei cuantice se află o enigmă.

Principala caracteristică nouă a mecanicii cuantice este că predicţiile ei sunt probabilistice. De exemplu, teoria poate afirma că sunt 20% şanse ca un electron să fie aici, 35% şanse ca el să fie acolo şi 45% şanse ca el să fie dincolo.

Dacă pe urmă măsurăm poziţia electronului într-un mare număr de versiuni preparate identic ale aceluiaşi experiment, vom constata cu o precizie impresionantă că electronul *este* aici în 20%, *este* acolo în 35% şi *este* dincolo în 45% dintre măsurători. De aceea avem încredere în mecanica cuantică.

Dependenţa teoriei cuantice de probabilităţi poate să nu pară prea exotică. în fond, atunci când dăm cu banul, de asemenea folosim probabilităţi pentru a descrie rezultatul posibil – sunt 50% şanse ca moneda să fie avers şi 50% şanse să fie revers. Dar există o deosebire, familiară multora şi totuşi profund şocantă: în descrierea clasică obişnuită, după ce aruncăm moneda, însă înainte de a privi, moneda e fie avers, fie revers, atâta doar că nu ştim care anume. Dimpotrivă, în descrierea cuantică, înainte să examinăm locul unde se găseşte un electron care are 50% şanse să fie aici şi 50% şanse să fie acolo, particula nu e *nici* aici, *nici* acolo. în schimb, mecanica cuantică afirmă că particula pluteşte într-un amestec difuz de a fi *şi* aici, *şi* acolo. Iar dacă probabilităţile îi dau electronului şanse diferite de zero de a se afla într-o mulţime de poziţii, atunci potrivit mecanicii cuantice el va pluti într-un amestec difuz care-l situează simultan în toate. E un lucru atât de straniu, încât am fi tentaţi să respingem teoria din capul locului. Iar dacă n-ar exista capacitatea inegalabilă a mecanicii cuantice de a

explica datele experimentale, reacţia ar fi deopotrivă universală şi justificată. Datele ne obligă totuşi să tratăm mecanica cuantică cu cel mai profund respect, astfel încât noi, oamenii de ştiinţă, am lucrat neobosit pentru a înţelege această trăsătură contraintuitivă.[36]

Problema este că, pe măsură ce ne-am străduit mai mult, lucrurile au devenit şi mai ciudate. Nu există nimic în ecuaţiile cuantice care să arate cum trece realitatea de la amestecul difuz între multe posibilităţi la rezultatul unic bine definit care se obţine după efectuarea unei măsurători. De fapt, dacă presupunem – ceea ce pare perfect logic – că aceleaşi ecuaţii cuantice de succes se aplică nu doar electronilor (şi altor particule) pe care le studiem, ci şi electronilor (şi altor particule) care alcătuiesc echipamentul nostru, precum şi acelora care ne alcătuiesc pe noi înşine şi creierul nostru, atunci, potrivit matematicii, tranziţia nu ar trebui să se producă deloc. Dacă electronul pluteşte fiind atât aici, cât şi acolo, atunci echipamentul ar trebui să constate că el este atât aici, cât şi acolo, iar după citirea datelor afişate creierul ar trebui să gândească că electronul este atât aici, cât şi acolo. Altfel spus, după efectuarea unei măsurători, confuzia cuantică a particulelor studiate ar trebui să infecteze echipamentul, creierul şi pesemne conştiinţa, făcând gândurile să plutească în amestecul difuz de mai multe rezultate.

Dar după fiecare măsurătoare nu observăm nimic din toate acestea. Observăm că am obţinut un singur rezultat, bine definit. Dificultatea, cunoscută ca problema măsurătorii cuantice, constă în a rezolva disparitatea enigmatică între realitatea cuantică difuză descrisă de ecuaţii şi realitatea familiară bine definită pe care o percepem în permanenţă.[37]

încă din anii 1930, fizicienii Fritz London şi Edmond Bauer[38], iar câteva decenii mai târziu laureatul Nobel Eugene Wigner[39] au sugerat că soluţia ar putea fi conştiinţa. La urma urmei, enigma devine enigmatică numai atunci când ne referim la experienţa conştientă a unei realităţi definite, producând un dezacord între ceea ce spunem şi ceea ce prezice matematica mecanicii cuantice. Imaginaţi-vă aşadar că regulile mecanicii cuantice se aplică de-a lungul întregului lanţ, de la electronul măsurat la particulele din echipamentul care efectuează măsurătoarea şi la particulele care alcătuiesc dispozitivul de afişaj al echipamentului. Dar atunci când priviţi afişajul şi datele senzoriale vă pătrund în creier, ceva se modifică: legile cuantice standard încetează să se mai aplice. în schimb, odată cu intrarea în joc a conştiinţei, un alt proces preia ştafeta – un proces care asigură că luaţi cunoştinţă de un singur rezultat bine definit. Conştiinţa va fi aşadar un participant intim în fizica cuantică, dictând ca, pe măsură ce lumea

evoluează, toate numeroasele viitoruri posibile, cu excepţia unuia singur, să fie eliminate din realitatea însăşi sau cel puţin din conştiinţa noastră cognitivă.

Puterea de seducţie e vizibilă. Mecanica cuantică e misterioasă. Conştiinţa e misterioasă. Cât de plăcut este să ne imaginăm că misterele lor sunt înrudite, sau că sunt unul şi acelaşi mister, sau că fiecare mister îl rezolvă pe celălalt. Dar în deceniile mele de imersiune în fizica cuantică nu am întâlnit vreun argument matematic sau vreo dată experimentală care să-mi schimbe vechea opinie despre această presupusă legătură: extrem de improbabilă. Experimentele şi observaţiile noastre susţin ideea că atunci când un sistem cuantic e examinat – indiferent dacă examinatorul este o fiinţă conştientă sau un instrument lipsit de minte – sistemul iese brusc din ceaţa cuantică probabilistă şi capătă o realitate bine definită. Interacţiunile – iar nu conştiinţa – determină emergenţa unei realităţi bine definite. Fireşte, pentru a verifica lucrul acesta, sau de fapt orice altceva, trebuie să apelez la conştiinţă; nu pot fi conştient de un rezultat fără ca mintea mea conştientă să participe la proces. Prin urmare, nu avem un argument irefutabil conform căruia conştiinţa nu joacă vreun rol cuantic special. Totuşi, chiar şi în abordările cele mai rafinate, care merg mult dincolo de identificarea superficială a două mistere aparent distincte, legăturile propuse între fizica cuantică şi

conştiinţă sunt firave.

Concomitent cu înţelegerea mecanicii cuantice se va adânci şi explicaţia proceselor microfizice care stau la baza tuturor funcţiilor, inclusiv cele ale corpului şi creierului. Dintr-o perspectivă fizicalistă, conştiinţa se află printre aceste funcţii, şi ca atare într-o zi va fi inclusă în explicaţia cuantică. Exceptând însă o surpriză de proporţii, manualele de mecanică cuantică din viitorul apropiat sau îndepărtat nu vor include instrucţiuni speciale pentru utilizarea ecuaţiilor în prezenţa conştiinţei. Oricât de minunată ar fi, conştiinţa va fi înţeleasă ca una dintre calităţile fizice care apar într-un univers cuantic.

Liberul-arbitru

Putini dintre noi se mândresc cu felul în care pancreasul produce chimotripsină, sau cu felul în care reţeaua nervului trigemen provoacă un strănut. Procesele noastre autonome nu ne interesează în mod special. Dacă cineva mă întreabă cine sunt, apelez la gândurile, senzaţiile şi amintirile pe care le pot accesa cu ochiul minţii sau interoga cu vocea mea interioară. Pancreasul oricui sintetizează chimotripsină şi oricine strănută, dar îmi place să cred că există ceva profund, complet şi intrinsec personal în ceea ce gândesc, în ceea ce simt şi în ceea ce fac. în strânsă legătură cu această intuiţie este o credinţă atât de comună, încât mulţi

dintre noi nu-i acordă nici cea mai mică atentie: avem o voinţă care e liberă. Suntem autonomi. Luăm propriile noastre decizii. Suntem sursa ultimă a acţiunilor noastre. Oare aşa să fie?

Această întrebare a inspirat mai multe pagini în literatura filozofică decât majoritatea celorlalte probleme dificile. Cu două mii de ani în urmă, austera viziune despre lume a lui Democrit, constând din atomi şi spaţiul vid, a fost o premoniţie a unităţii lumii, abandonând capriciile zeilor în favoarea unor legi imuabile. Dar, indiferent dacă mişcările oamenilor sunt complet controlate de puterea divină sau de legea fizică, rămâne întrebarea dacă şi unde e loc pentru acţiuni voite în mod liber.[40] Un secol mai târziu, Epicur, care respinsese intervenţia divină, deplângea faptul că determinismul ştiinţific sufoca liberul-arbitru. Dacă acceptăm că zeii deţin autoritate, există cel puţin şansa ca veneraţia noastră statornică să fie răsplătită cu dăruirea unei libertăţi. Dar legea naturală, imună la orice linguşire, e incapabilă să slăbească frâiele. Pentru a rezolva dilema, Epicur şi-a imaginat că din când în când atomii se abat aleatoriu în mod spontan de la traiectoria lor, sfidându-şi destinul legiuit şi permiţând un viitor care nu e determinat de trecut. Deşi era o idee ingenioasă, puţini au fost cei care au văzut în introducerea arbitrară a hazardului în legile naturii o sursă

convingătoare pentru libertatea umană. Aşa încât în secolele care au urmat problema liberului-arbitru a continuat să încreţească frunţile unui panteon de gânditori veneraţi – Sfântul Augustin, Thoma de Aquino, Thomas Hobbes, Gottfried Leibniz, David Hume, Immanuel Kant, John Locke – şi al unei întregi genealogii, prea numeroasă pentru a-i menţiona pe toţi, inclusiv mulţi care reflectează în prezent asupra acestor lucruri la catedrele de filozofie din întreaga lume.

Iată o versiune modernă a argumentului care răstoarnă liberul-arbitru. Experienţele noastre par să confirme că influenţăm evoluţia realităţii prin acţiuni care reflectă gândurile, dorinţele şi deciziile noastre libere. Menţinându-ne însă perspectiva fizicalistă, noi toţi nu suntem decât constelaţii de particule[41] al căror comportament e guvernat în întregime de legea fizică. Opţiunile noastre sunt rezultatul particulelor noastre care gonesc într-o direcţie sau alta prin creierul nostru. Acţiunile noastre sunt rezultatul particulelor noastre care se deplasează într-o direcţie sau alta prin corpurile noastre. Iar orice mişcare a unor particule – indiferent dacă are loc într-un creier, într-un corp sau într-o minge de baseball – e controlată de fizică, şi ca atare e dictată în întregime prin decret matematic. Ecuaţiile determină starea particulelor noastre astăzi pe baza stării lor de ieri, fără ca nimeni dintre noi să

aibă şansa de a eluda matematica şi a forma, modela sau schimba evoluţia dictată de lege. într-adevăr, urmărind lanţul acesta tot mai departe în trecut, big bang-ul e sursa ultimă a tuturor particulelor, iar comportamentul lor de-a lungul istoriei cosmice a fost dictat de legile nenegociabile şi insensibile ale fizicii, care determină structura şi funcţionarea a tot ce există. Sentimentul nostru al individualităţii, valorii şi respectului se bazează pe autonomia noastră. Dar, confruntată cu intransigenţa legii fizice, autonomia se retrage. Nu suntem decât jucării aruncate încoace şi încolo de regulile imparţiale ale cosmosului.

întrebarea esenţială, prin urmare, este dacă există vreun mod de a evita această aparentă disoluţie a liberului-arbitru în mişcarea unor particule servile. Mulţi gânditori au încercat. Unii s-au dezis de reducţionism. Deşi un volum mare de date confirmă că înţelegem în profunzime legile care guvernează particulele individuale (electroni, cuarci, neutrini etc.), poate că, atunci când o sută de miliarde de miliarde de miliarde de particule sunt aranjate într- un corp şi într-un creier omenesc, ele nu mai sunt guvernate, sau cel puţin nu în întregime, de legile fundamentale ale lumii microscopice. Şi poate că aceasta permite fenomene la scară macroscopică – îndeosebi liberul-arbitru – pe care legile microscopice le-ar interzice.

Ce-i drept, nimeni n-a efectuat vreodată analiza matematică necesară pentru a face predicţii asupra evoluţiei legice a particulelor care constituie o persoană. Complexitatea matematicii ar depăşi cu mult capacităţile celor mai performante calculatoare. Chiar şi prezicerea mişcării unui obiect mult mai simplu, de pildă o bilă de biliard, poate să ne scape, deoarece mici inexactităţi în determinarea vitezei şi direcţiei iniţiale ale bilei se pot amplifica exponenţial în urma ciocnirilor cu bordurile mesei. De aceea nu-mi propun aici să prezic următoarea voastră mişcare. Mă concentrez în schimb asupra existenţei legilor care guvernează următoarea voastră mişcare. Iar, deşi calculele depăşesc posibilităţile noastre actuale, niciodată n-a existat un cât de mic indiciu matematic, experimental sau observaţional că legile acestea nu ar exercita un control total. Din mişcarea coordonată a unui mare număr de ingrediente microscopice pot desigur apărea fenomene neaşteptate şi impresionante – de la uragane la tigri –, dar toate dovezile sugerează că, dacă am fi capabili să efectuăm calculele matematice pentru grupuri atât de mari de particule în interacţiune, am fi în măsură să prezicem comportamentele lor colective. Prin urmare, chiar dacă din punct de vedere logic e de conceput că într- o zi vom descoperi că ansamblurile de particule care alcătuiesc corpurile şi creierele nu sunt supuse regulilor care

guvernează ansamblurile neînsufleţite, această posibilitate contrazice tot ce a dezvăluit până acum ştiinţa despre modul cum funcţionează lumea.

Alţi cercetători au mizat pe mecanica cuantică. în fond, fizica clasică e deterministă: furnizaţi matematicii fizicii clasice – ecuaţiile lui Newton – poziţiile şi vitezele exacte ale tuturor particulelor la un moment oarecare, iar ecuaţiile vă vor spune poziţiile şi vitezele lor la orice moment din viitor. Cu o asemenea rigiditate, cu viitorul complet determinat de trecut, cum ar putea rămâne loc pentru liberul-arbitru? Starea particulelor voastre chiar acum, când citiţi aceste cuvinte şi reflectaţi asupra acestor idei, a fost determinată de configuraţia lor cu mult înainte ca voi să vă fi născut şi deci, cu certitudine, nu a putut fi alegerea voinţei voastre. Dar în fizica cuantică, aşa cum am văzut, ecuaţiile prezic numai *probabilitatea* pentru felul în care vor fi lucrurile la orice moment din viitor. Introducând un element probabilistic – şansa –, mecanica cuantică pare să ofere o versiune modernă şi motivată experimental a abaterii epicureice, slăbind frâiele deterministe. Dar limbajul vag poate fi înşelător. Matematica mecanicii cuantice, ecuaţia lui Schrodinger, e la fel de deterministă ca matematica fizicii newtoniene clasice. Deosebirea este că, în timp ce Newton ia ca date de intrare starea de acum a lumii şi produce o stare unică pentru lumea de

mâine, mecanica cuantică ia ca date de intrare starea de acum a lumii şi produce un tabel unic de probabilităţi pentru starea de mâine a lumii. Ecuaţiile cuantice oferă multe viitoruri posibile, dar dăltuiesc în piatră matematică, de o manieră deterministă, probabilitatea fiecăruia dintre ele. La fel ca Newton, Schrodinger nu lasă loc liberului- arbitru.

Alţi cercetători şi-au îndreptat atenţia către problema nerezolvată a măsurătorii cuantice. De înţeles. O lacună în cunoaşterea ştiinţifică este un loc atrăgător pentru a ascunde ceva foarte preţios, cel puţin până când lacuna dispare. Acea lacună, amintiţi-vă, se leagă de faptul că nu există încă un consens în privinţa modului în care lumea trece de la descrierea probabilistă oferită de mecanica cuantică la realitatea bine definită a experienţei comune. Cum e selectat un singur viitor din lista de posibilităţi a mecanicii cuantice? Şi, de un interes special aici, ar putea liberul-arbitru să se ascundă în răspuns? Din păcate, nu. Să considerăm un electron care potrivit mecanicii cuantice are 50% şanse să fie *aici* şi 50% şanse să fie *acolo.* Puteţi alege liber rezultatul – *aici* sau *acolo* – pe care-l va oferi o observaţie a poziţiei sale? Nu puteţi. Datele atestă că rezultatul e aleatoriu, iar rezultatele aleatorii nu sunt opţiuni libere. Datele confirmă de asemenea că rezultatele acumulate din multe asemenea experimente au o regularitate statistică:

în acest exemplu, jumătate din rezultate vor găsi electronul *aici,* şi jumătate îl vor găsi *acolo.* O opţiune liberă nu e constrânsă, nici măcar în sens statistic, de reguli matematice. Dar aşa cum dovezile o demonstrează în acest caz şi în toate celelalte, matematica *decide.* Prin urmare, deşi trecerea de la probabilităţile cuantice la certitudinile experimentale rămâne enigmatică, e clar că liberul- arbitru nu face parte din proces.

A fi liberi presupune că nu suntem marionete ale căror sfori sunt trase de legea fizică. Dacă legile sunt deterministe (ca în fizica clasică) sau probabiliste (ca în fizica cuantică), acest lucru are o semnificaţie profundă pentru modul cum evoluează realitatea şi pentru tipurile de predicţii pe care le poate face ştiinţa. Dar pentru evaluarea liberului- arbitru distincţia e irelevantă. Dacă legile fundamentale pot funcţiona continuu, fără a se opri vreodată din lipsa intervenţiei omului, şi se aplică la fel chiar dacă particulele se întâmplă să facă parte din corpuri sau creiere, atunci nu e loc pentru liberul-arbitru. într-adevăr, aşa cum dovedesc toate experimentele şi observaţiile ştiinţifice efectuate vreodată, cu mult înainte ca noi, oamenii, să fi intrat în scenă, legile au guvernat fără întrerupere; după venirea noastră, ele au continuat să guverneze fără întrerupere.

Pentru a rezuma: suntem fiinţe fizice alcătuite din

*

ansambluri mari de particule guvernate

de legile naturii. Tot ce facem şi tot ce gândim se reduce la mişcările acelor particule. Dă-mi mâna, iar particulele care alcătuiesc mâna ta le împing în sus şi în jos pe acelea care alcătuiesc mâna mea. Spune salut, iar particulele care alcătuiesc corzile tale vocale pun în mişcare particule de aer din gâtul tău şi declanşează o reacţie în lanţ de particule în coliziune care se deplasează prin aer sub forma unei unde, izbesc particulele care alcătuiesc timpanele mele, declanşează un val de alte particule în capul meu, iar astfel reuşesc să aud ce spui. Particulele din creierul meu reacţionează la stimuli, produc gândul *aceasta e o strângere de mână puternică,* şi trimit semnale purtate de alte particule acelora din braţul meu, făcând ca mâna mea să se mişte în tandem cu a ta. Şi deoarece toate observaţiile, experimentele şi teoriile valide confirmă că mişcarea particulelor e controlată în întregime de reguli matematice, nu putem interveni în această evoluţie legică a particulelor, aşa cum nu putem schimba valoarea numărului pi.

Alegerile noastre *par* libere fiindcă nu observăm cum acţionează legile naturii la nivel fundamental; simţurile noastre nu dezvăluie modul cum operează legile naturii în lumea particulelor. Simţurile şi raţiunea noastră se concentrează asupra scării umane şi a acţiunilor de zi cu zi: ne gândim la viitor, comparăm evoluţiile şi cântărim posibilităţile. în consecinţă,

atunci când particulele noastre acţionează, comportamentul lor colectiv ni se pare că e rezultatul alegerilor noastre autonome. Dar, dacă am avea viziunea supraumană invocată mai sus şi am putea analiza realitatea la nivelul constituenţilor săi fundamentali, ne-am da seama că gândurile şi comportamentele noastre se reduc la procese complexe de deplasare a unor particule care produc un sentiment puternic de liber-arbitru, dar sunt guvernate în întregime de legea fizică.

Totuşi, a încheia discuţia aici ar însemna să omitem o variaţiune pe tema libertăţii care nu e doar în acord cu ce ştim despre legea fizică, dar surprinde o trăsătură care poate fi considerată definitorie pentru ce înseamnă a fi om.

Pietre, oameni şi libertate

Imaginează-ţi că tu şi o piatră, fiecare văzându-şi de treburile sale, staţi alături relaxaţi pe o bancă într-un parc. în timp ce eu trec pe acolo, vezi deodată că o creangă grea s-a desprins dintr-un copac şi cade direct spre mine. Sari de pe bancă şi mă îmbrânceşti cu putere, scoţându-ne pe amândoi din calea pericolului. Care e explicaţia gestului tău eroic de a salva o viaţă? Toate particulele care te alcătuiesc pe tine şi cele care alcătuiesc piatra sunt supuse exact aceloraşi legi, aşa încât nici tu, şi nici piatra nu aveţi liber-arbitru. Şi totuşi tu sari de pe bancă, în vreme ce piatra rămâne pe loc. Cum explicăm asta?

Tu m-ai salvat, nu piatra, fiindcă particulele tale sunt ordonate într-un mod atât de spectaculos, configurate într-o formă atât de impresionantă, încât pot efectua mişcări splendid coregrafiate, care nu sunt posibile pentru particulele care alcătuiesc piatra.[42] în timp ce eu trec pe acolo, tu poţi să-mi faci semn cu mâna, sau să mă saluţi, sau să-mi spui că ai rezolvat ecuaţiile teoriei corzilor, sau să sari coarda, sau să mă salvezi de o creangă în cădere etc. Fotonii care ricoşează de pe faţa mea şi intră în ochii tăi, undele sonore produse de căderea unei crengi care-ţi pătrund în urechi, influenţele tactile de la o rafală de vânt care-ţi atinge pielea, precum şi o gamă vastă de alţi stimuli externi şi interni pun în mişcare cascade de particule în tot corpul tău, purtând semnale care generează o mulţime de senzaţii, gânduri şi comportamente, care ele însele sunt tot cascade de particule. Din fericire pentru mine, cascada de particule ca reacţie la stimulii produşi de ruperea crengii a făcut ca particulele tale să intre imediat în acţiune. Prin comparaţie, reacţiile pietrei la stimuli sunt mai estompate. Fotonii incidenţi, undele sonore şi presiunile tactile generează cele mai simple reacţii. Particulele pietrei pot să vibreze uşor, temperatura lor poate să crească puţin sau, în cazul unui vânt deosebit de puternic, poziţiile ansamblului se pot deplasa uşor. Atâta tot. în interiorul pietrei nu se petrec prea multe lucruri.

Ceea ce ne face speciali este că organizarea noastră internă sofisticată permite un spectru bogat de reacţii comportamentale.

Ideea, aşadar, este că atunci când evaluăm liberul-arbitru avem mult de câştigat dacă ne mutăm atenţia de la concentrarea îngustă asupra cauzei ultime la o examinare mai extinsă a reacţiei umane.

*

Libertatea noastră nu e în raport cu nişte legi fizice pe care nu le putem influenţa. Libertatea noastră constă în etalarea unor comportamente – a sări, a gândi, a imagina, a observa, a delibera, a explica etc. – care nu sunt disponibile pentru majoritatea celorlalte ansambluri de particule. Libertatea umană nu se referă la o alegere voită. Tot ce a dezvăluit ştiinţa până acum pledează în favoarea ideii că o asemenea intervenţie a voinţei în desfăşurarea realităţii nu există. În schimb, libertatea umană constă în eliberarea din sclavia unui spectru restrâns de reacţii la care se limitează comportamentul lumii neînsufleţite.

*

Noţiunea aceasta de libertate nu necesită liber- arbitru. Gestul tău de a-mi salva viaţa, deşi apreciat la justa lui valoare, a apărut din acţiunea legii fizice, şi nu ca rezultat al unei voinţe libere. Dar faptul că particulele tale au putut să sară de pe bancă, iar mai târziu să reflecteze asupra acţiunii lor şi să fie emoţionate de această reflecţie e într-adevăr uimitor.

**

Particulele grupate într-o piatră nu pot face nici pe departe ceva asemănător. Capacităţile acestea care se manifestă în

miracolul gândirii, simţirii şi comportamentului surprind esenţa faptului de a fi om – esenţa libertăţii umane.

* *

Modul cum folosesc termenul „liber” pentru a descrie comportamente care potrivit legilor fizicii nu sunt voite în mod liber poate să pară un artificiu lingvistic. Dar esenţialul, aşa cum a sugerat de mult timp şcoala filozofică compatibilistă, este că în ce priveşte libertatea şi fizica nu e totul pierdut; e un mare câştig să ai în vedere alte tipuri de libertate care sunt compatibile cu legea fizică. Există diverse propuneri pentru felul în care se poate realiza asta, dar e ca şi cum asemenea teorii ne-ar aduce cu un aer sumbru vestea proastă: „în privinţa tipului tradiţional de liber-arbitru, nu vă deosebiţi de o piatră”, pentru ca apoi, când tocmai ne retragem bosumflaţi, ele să exclame: „Dar nu vă descurajaţi! Există un *alt* tip de libertate, nu mai puţin agreabilă, de care dispuneţi din plin.”[43] în abordarea pe care o susţin, o asemenea libertate se găseşte în evadarea dintr-un registru comportamental restrâns.

Personal, găsesc o mare consolare în acest tip de libertate. în timp ce stau aici şi-mi scriu gândurile, prea puţin mă deranjează să ştiu că la nivelul particulelor fundamentale tot ce gândesc şi tot ce fac constituie derularea unor legi fizice pe care nu le pot controla. Ce contează pentru mine este că, spre deosebire de pupitrul meu, de scaunul

meu şi de cana mea, ansamblul meu de particule poate executa un set de comportamente enorm de variat. într-adevăr, particulele mele tocmai au compus această propoziţie, şi mă bucur că au făcut-o. Desigur, acea reacţie nu e, la rândul ei, decât armata mea de particule executând ordinele sale cuantice de marş, dar asta nu diminuează realitatea sentimentului. Sunt liber nu fiindcă pot abroga legea fizică, ci fiindcă prodigioasa mea organizare internă mi-a emancipat reacţiile comportamentale.

Relevanţă, învăţare şi individualitate

A renunţa la noţiunea tradiţională de liber-arbitru pare să pretindă în continuare abandonarea unei mari părţi din ceea ce preţuim. Dacă evoluţia realităţii, inclusiv cea a fiinţelor vii, e fixată de legea fizică, oare mai contează comportamentul nostru? Nu am putea sta pur şi simplu, fără să facem nimic, şi să lăsăm fizica să-şi urmeze cursul? Există vreun loc pentru individualitate? Ce rol mai pot avea nişte capacităţi pe care le preţuim foarte mult, ca de pildă învăţarea şi creativitatea?

Să începem cu ultima întrebare. Pentru asta, e util să ne gândim la un aspirator robot Roomba. Posedă acesta calitatea tradiţională a liberului-arbitru? Nu-i

*

o întrebare-capcană. Cei mai mulţi dintre noi vor fi de acord că nu posedă. Şi totuşi,

în timp ce alunecă pe podeaua din sufragerie, întâlnind pereţi, coloane şi mobilier, configuraţia particulelor care-l alcătuiesc se rearanjează – hărţile sale de navigaţie şi instrucţiunile interne se actualizează –, iar aceste schimbări modifică comportamentul ulterior al robotului. Roomba învaţă. într-adevăr, confruntat cu dificultatea de a ocoli obiectele întâlnite, soluţiile la care recurge – să evite scările, să înconjoare piciorul mesei etc. – prezintă rudimente de creativitate.[44] învăţarea şi creativitatea nu necesită liber-arbitru.

Organizarea noastră internă, „software-ul" nostru, e mai rafinat decât al unui Roomba, apărând astfel capacitatea noastră mai sofisticată de învăţare şi creativitate. La un moment dat, particulele noastre sunt într-un anumit aranjament. Experienţele noastre, întâlniri exterioare sau deliberări interioare, reconfigurează acel aranj ament. Iar aceste reconfigurări influenţează comportamentul ulterior al particulelor. Altfel spus, ele ne actualizează software-ul, ajustând instrucţiunile pentru următoarele noastre gânduri şi acţiuni. O scânteie de imaginaţie, o gafă, o frază ingenioasă, o îmbrăţişare empatică, o remarcă dispreţuitoare, un gest eroic – toate sunt rezultatul trecerii constelaţiei noastre

*

personale de particule de la un aranjament la altul, în timp ce observăm cum orice persoană sau obiect

reacţionează la acţiunile noastre, constelaţia noastră de particule se modifică din nou, reconfigurându-şi tiparul pentru a ne ajusta mai departe comportamentul. La nivelul particulelor care ne alcătuiesc, aceasta *este* învăţare. Iar atunci când comportamentele rezultante sunt noi, reconfigurarea a generat creativitate.

Această discuţie pune în evidenţă una dintre temele noastre centrale: nevoia unor povestiri ierarhizate care să explice straturile distincte, dar interconectate, ale realităţii. Dacă ne-ar mulţumi o poveste care descrie evoluţia realităţii doar la nivelul particulelor, n-am fi motivaţi să introducem concepte precum învăţarea şi creativitatea (sau, în acest context, entropia şi evoluţia). Tot ce ar trebui să ştim e modul cum ansamblurile de particule îşi rearanjează în permanenţă configuraţia, iar informaţia aceasta e furnizată de legile fundamentale (şi specificarea stării particulelor la un anumit moment din trecut). Dar cei mai mulţi dintre noi nu ne mulţumim cu acest gen de poveste. Ni se pare edificator să spunem poveşti suplimentare, compatibile cu explicaţia reducţionistă, dar concentrate asupra unor scări mai mari şi mai familiare. în aceste poveşti, ale căror personaje principale sunt agregate de particule la fel ca noi şi ca Roomba, conceptele care includ învăţarea şi creativitatea (şi entropia şi evoluţia) oferă un limbaj indispensabil. în vreme ce

povestea reducţionistă care-l descrie pe Roomba ar cataloga mişcarea a miliarde de miliarde de particule, povestea de nivel superior ar explica felul cum senzorii robotului au recunoscut că se află la marginea unui şir de trepte, au înregistrat în memorie acea poziţie primejdioasă şi au schimbat direcţia pentru a evita o cădere catastrofală. Cele două poveşti sunt perfect compatibile, deşi una foloseşte limbajul particulelor şi legilor fizicii, iar cealaltă foloseşte limbajul stimulilor şi reacţiilor. Şi deoarece reacţiile lui Roomba includ capacitatea de a-şi schimba comportamentul în viitor prin actualizarea instrucţiunilor sale interne, conceptele de învăţare şi creativitate sunt esenţiale pentru povestea de nivel superior.

Asemenea poveşti ierarhizate sunt şi mai relevante când e vorba de noi înşine. Explicaţia reducţionistă, care ne descrie ca pe nişte ansambluri de particule, oferă o cunoaştere importantă, dar limitată. Recunoaştem, de pildă, că suntem alcătuiţi din aceeaşi substanţă şi guvernaţi de aceleaşi legi ca toate structurile materiale. Dar povestea de nivel superior, povestea umană, este cea în care ne trăim vieţile. Gândim şi deliberăm, luptăm şi ne străduim, reuşim şi eşuăm. Aceste poveşti spuse în limbajul acesta familiar trebuie să fie, şi de data asta, pe deplin compatibile cu descrierile reducţioniste spuse în termenii particulelor. Dar în viaţa de zi cu zi aceste

poveşti de nivel superior sunt incomparabil mai edificatoare. Când cinez împreună cu soţia, nu mă interesează să aflu despre mişcările celor o sută de miliarde de miliarde de miliarde de particule ale ei. Dar când îmi vorbeşte despre ideile la care se gândeşte, locurile unde merge şi oamenii cu care se întâlneşte, sunt numai urechi.

în cadrul unor asemenea descrieri de nivel superior, vorbim ca şi cum acţiunile noastre ar avea relevanţă, alegerile noastre ar avea impact, deciziile noastre ar avea semnificaţie. Dar într-o lume care evoluează guvernată de o lege fizică imuabilă, oare chiar au? Bineînţeles că au. Când eul meu în vârstă

*

de zece ani a aprins un chibrit într-o sobă plină cu gaz, acea acţiune a avut consecinţe. Acea acţiune a declanşat o explozie. Descrierea de nivel superior care relatează o serie de evenimente conectate – senzaţia de foame, introducerea pizzei în cuptor, pornirea gazului, aşteptarea, aprinderea chibritului, răbufnirea flăcărilor – e precisă şi instructivă. Fizica

nu neagă povestea aceasta şi n-o face irelevantă, ci o amplifică. Fizica ne spune că mai există şi altă descriere, subiacentă povestirii la nivel uman, spusă în limbajul legilor şi al particulelor.

Remarcabil, iar pentru unii tulburător, este că aceste descrieri subiacente dezvăluie că o credinţă * comună care impregnează poveştile noastre de nivel superior e falsă. Avem impresia că suntem autorii ultimi ai alegerilor, deciziilor şi acţiunilor noastre, dar povestea reducţionistă afirmă clar că nu suntem. Nici gândurile, nici comportamentele noastre nu pot scăpa din strânsoarea legii fizice. Totuşi, secvenţele conectate cauzal aflate în centrul poveştilor noastre de nivel superior – senzaţia mea de foame care m-a făcut să introduc pizza în cuptor, să-i verific temperatura, iar la urmă să aprind un chibrit – sunt manifeste şi reale. Gândurile, reacţiile şi acţiunile contează. Ele produc consecinţe. Ele sunt verigile din lanţul evoluţiei fizice. Un fapt neaşteptat pe baza experienţelor şi intuiţiilor noastre e că asemenea gânduri, reacţii şi acţiuni apar din cauze anterioare dirijate prin intermediul legilor fizicii.

Responsabilitatea joacă şi ea un rol. Chiar dacă particulele mele, şi deci comportamentele mele, sunt sub jurisdicţia deplină a legii fizice, „eu” sunt răspunzător de acţiunile mele. în orice moment, eu *sunt* ansamblul particulelor mele; „eu” nu este decât o prescurtare reprezentând configuraţia specială a

*

particulelor mele (care, deşi dinamică, menţine tipare suficient de stabile pentru a oferi o senzaţie consecventă de identitate personală[45]). Comportamentul particulelor mele e deci comportamentul *meu.* Prin controlul exercitat asupra particulelor mele, fizica stă la baza acestui comportament, care nu e rezultatul liberului-arbitru. Dar aceste observaţii nu diminuează cu nimic

*

descrierea de nivel superior care recunoaşte că configuraţia mea specifică de particule – felul cum sunt aranjate particulele mele într-o reţea chimică şi biologică complexă incluzând gene, proteine, celule, neuroni, conexiuni sinaptice etc. – reacţionează într- un mod care e doar al meu. Tu şi cu mine vorbim diferit, acţionăm diferit, reacţionăm diferit şi gândim diferit fiindcă particulele noastre sunt aranjate în moduri diferite. în timp ce aranjamentul meu de particule învaţă, gândeşte, sintetizează, interacţionează şi reacţionează, el imprimă individualitatea mea şi pune pecetea responsabilităţii mele pe fiecare dintre acţiunile mele.[46]

Capacitatea umană de a reacţiona într-o mare diversitate de moduri stă mărturie pentru principiile fundamentale care ne-au călăuzit explorarea până acum: pasul în doi entropie şi evoluţia prin selecţie naturală. Pasul în doi entropie explică modul cum se pot forma agregate ordonate într-o lume care devine tot mai dezordonată, şi felul în care unele agregate, stelele, pot rămâne stabile pe durata a miliarde de ani, producând un flux constant de căldură şi lumină. Evoluţia explică felul în care, într-un mediu favorabil precum o planetă scăldată în căldura constantă a unei stele, ansambluri de particule se pot reuni în tipare care fac să apară comportamente complexe, de la replicare şi regenerare la extragerea energiei şi procesarea

metabolică, la locomoţie şi creştere. Ansamblurile care dobândesc capacităţile suplimentare de a gândi şi a învăţa, a comunica şi a coopera, a imagina şi a prezice sunt mai bine echipate pentru a supravieţui, deci pentru a produce ansambluri similare cu capacităţi similare. Evoluţia selectează aşadar aceste capacităţi şi, generaţie după generaţie, le ameliorează. Cu timpul, unele ansambluri ajung la concluzia că puterile lor cognitive sunt atât de mari, încât transcend legea fizică. Cele mai meditative dintre aceste ansambluri sunt apoi tulburate de conflictul dintre liberul-arbitru pe care îl percep şi controlul subiacent exercitat de legea fizică pe care o recunosc. Dar în realitate nu există nici un conflict, fiindcă nimic nu transcende legea fizică. E imposibil. în schimb, ansamblurile de particule trebuie să-şi reconsidere puterile, concentrându-se nu asupra legilor care guvernează particulele, ci asupra comportamentelor de nivel superior, complexe, extraordinar de bogate, pe care fiecare ansamblu de particule – fiecare individ – le poate manifesta şi trăi. Cât priveşte reorientarea, ansamblurile de particule pot spune o poveste edificatoare despre comportamente şi experienţe minunate, impregnate cu voinţe care se simt libere şi vorbesc ca şi cum ar avea control autonom, deşi sunt în întregime guvernate de legile fizicii.

Unii vor ezita în fata acestei concluzii.

Eu cu
*
siguranţă. Deşi în plan intelectual sunt convins de argumentul prezentat, acesta nu înlătură impresia mea puternică şi profundă că aş controla liber ce se întâmplă în capul meu. Dar forţa impresiei se bizuie în mare parte pe familiaritatea ei. Şi, aşa cum pot atesta mulţi care au experimentat substanţe psihedelice, când identitatea particulelor care străbat creierul e modificată chiar şi în mică măsură, familiarul se poate schimba. Echilibrul puterii în creier se poate schimba. Mintea pare să aibă o minte proprie. Cu decenii în urmă, la Amsterdam, o asemenea experienţă s-a transformat într-una dintre cele mai cumplite nopţi din viaţa mea. Mintea mea a creat o lume interioară în care existau nenumărate copii ale mele, fiecare decisă să saboteze realitatea percepută de celelalte. În timp ce unul din eurile mele se complăcea în a crede că percepe „adevărata” realitate, următorul îi dezvăluia caracterul artificial al acelei lumi, nimicind toate lucrurile şi persoanele pe care eul meu iniţial le preţuia, dezvăluind o altă realitate „adevărată”, în care noul eu se instala cu încredere – doar pentru ca secvenţa de coşmar să se repete. Şi să se repete.

Din perspectiva fizicii, n-am făcut decât să-mi introduc în creier un mic grup de particule străine. Dar acea schimbare a fost suficientă pentru a elimina impresia familiară că aş controla liber activităţile

din mintea mea. Deşi modelul la nivel reducţionist a rămas pe deplin valabil (particule guvernate de legile fizicii), modelul la nivel uman (o minte fiabilă înzestrată cu liber-arbitru, care navighează într-o realitate stabilă) a fost răsturnat. Fireşte, nu prezint un moment psihedelic ca pe un argument în favoarea sau împotriva liberului-arbitru. Dar acea experienţă a făcut să fie visceralã o cunoaştere care altminteri ar fi rămas abstractă. Sentimentul nostru legat de cine suntem, capacităţile noastre şi libertatea de voinţă pe care s-ar părea că o exercităm, toate sunt rezultatul mişcării unor particule în capetele noastre. Jucaţi-vă cu particulele, iar acele calităţi familiare se pot diminua. Această experienţă m-a ajutat să aliniez înţelegerea raţională a fizicii cu senzaţia intuitivă a mintii.

*

Experienţa şi limbajul cotidian sunt pline de referiri, implicite şi explicite, la liberul-arbitru. Vorbim despre a alege şi a lua decizii. Vorbim despre consecinţele acestor acţiuni asupra vieţilor noastre şi vieţilor celor cu care venim în contact. Repet, discuţia despre liberul-arbitru nu înseamnă că aceste descrieri nu au sens sau că trebuie eliminate. Ele sunt spuse în limbajul adecvat poveştii la nivel uman. *Facem* alegeri. *Luăm* decizii. *Iniţiem* acţiuni. Iar acele acţiuni *au* implicaţii. Toate acestea sunt reale. Dar, fiindcă povestea la nivel uman trebuie să fie compatibilă cu descrierea reducţionistă,

trebuie să ne rafinăm limbajul şi supoziţiile. Trebuie să renunţăm la ideea că alegerile, deciziile şi acţiunile noastre îşi au originea ultimă în fiecare dintre noi, că sunt creaţia activităţii noastre independente, că au apărut în urma unor deliberări aflate dincolo de raza de acţiune a legii fizice. Trebuie să admitem că, deşi *senzaţia* de liber-arbitru e reală, capacitatea de a exercita liberul-arbitru – capacitatea minţii omeneşti de a transcende legile care controlează evoluţiile fizice – nu e reală. Dacă reinterpretăm „liberul- arbitru” ca însemnând această senzaţie, atunci poveştile noastre la nivel uman devin compatibile cu descrierea reducţionistă. Şi, împreună cu deplasarea accentului de la originea ultimă la comportamentul eliberat, putem adopta o diversitate vastă şi invulnerabilă a libertăţii umane.

*

în ce priveşte originea vieţii, nu există un moment bine definit în care apare conştiinţa, reflecţia asupra sinelui sau liberul-arbitru. Dar dovezile arheologice sugerează că în urmă cu o sută de mii de ani, poate mai devreme, strămoşii noştri au început să aibă aceste experienţe. Primii oameni adoptaseră de mult poziţia verticală. Atunci am putut să privim în jur şi să ne punem întrebări.

Aşadar, ce am făcut cu aceste puteri?

---

11. Joc de cuvinte intraductibil; în limba engleză, *bat* înseamnă atât „liliac” cât şi „bâtă” (n. tr.).

6. LIMBAJ ŞI NARAŢIUNE

De la minte la imaginaţie

Tiparele ocupă un loc central în experienţa umană. Supravieţuim fiindcă putem simţi şi reacţiona la ritmurile lumii. Mâine va fi diferit de astăzi, dar, dincolo de atâtea şi atâtea schimbări, ne bizuim pe caracteristici durabile. Soarele va răsări, pietrele vor cădea, apa va curge. Acestea şi o mulţime nenumărabilă de tipare înrudite pe care le observăm de la un moment la altul ne influenţează profund comportamentul. Instinctele sunt esenţiale, iar memoria contează, fiindcă tiparele persistă.

Matematica e articularea tiparului. Folosind câteva simboluri, putem concentra un tipar cu economie şi precizie. Pentru Galilei, cartea naturii, despre care credea că-l revelează pe Dumnezeu la fel de sigur ca Biblia, e scrisă în limbajul matematicii. în secolele următoare, gânditorii au dezbătut o versiune laică a acestei perspective. Matematica e un limbaj elaborat de oameni pentru a descrie tiparele observate? Sau e sursa realităţii, iar tiparele sunt expresia adevărului matematic? Sensibilităţile mele romantice înclină către a doua variantă. Cât de minunat e să ne imaginăm că manevrele noastre matematice ating însuşi

fundamentul realităţii. Dar o evaluare mai puţin sentimentală admite că matematica ar putea fi un limbaj creat de noi, dezvoltat în parte datorită predilecţiei noastre excesive pentru tipare. La urma urmei, o mare parte din analizele matematice contribuie prea puţin la încurajarea supravieţuirii.

Rareori strămoşii noştri şi-au asigurat mâncarea, şi încă şi mai rar ocazia de a se reproduce, studiind numerele prime sau cuadratura cercului.

în epoca modernă, înzestrările lui Einstein au stabilit un standard inegalabil pentru înţelegerea ritmurilor naturii. Dar, deşi moştenirea lui poate fi rezumată în câteva enunţuri matematice – lapidare, precise şi cuprinzătoare –, incursiunile lui Einstein în străfundurile realităţii nu au pornit întotdeauna de la ecuaţii. Nici măcar de la limbaj. „Deseori gândesc în muzică”[1], spunea el. „Foarte rar gândesc în cuvinte.”[2] Poate că procesele voastre mentale le oglindesc pe ale lui Einstein. Ale mele nu. Uneori, când mă lupt cu o problemă dificilă, se întâmplă să am o intuiţie bruscă, reflectând un anume proces cerebral care se desfăşoară sub nivelul conştient. Dar atunci când sunt conştient, chiar dacă folosesc imagistica mentală pentru a-mi croi drum către o soluţie, ar fi exagerat să spun că lipsesc cuvintele sau că fac o asociere cu muzica. Cel mai adesea progresez în fizică manevrând ecuaţiile şi adunând concluziile în propoziţii obişnuite, pe care

le scriu cu mâna în caiete care umplu un raft după altul. Când mă concentrez, deseori vorbesc cu mine însumi, de regulă tăcut, uneori cu voce tare. Cuvintele sunt esenţiale în acest proces. Deşi găsesc că formula lapidară a lui Wittgenstein, „Limitele limbajului meu sunt limitele lumii mele”[3], are o arie de cuprindere prea largă – nu mă îndoiesc că există trăsături esenţiale ale gândirii şi experienţei aflate în afara limbajului, aspect asupra căruia vom reveni mai târziu –, fără limbaj, capacitatea mea de a efectua anumite tipuri de manevre mentale s-ar diminua. Cuvintele nu doar exprimă raţionamentul, ele îi dau viaţă. Sau, aşa cum spunea cu inegalabilă eleganţă Toni Morrison: „Murim. Aceasta ar putea fi semnificaţia vieţii. Dar creăm limbaj. Aceasta ar putea fi măsura vieţilor noastre.”[4]

Cu excepţia unui geniu singular, dar poate că şi în cazul lui, limbajul e esenţial pentru descătuşarea imaginaţiei. Cu ajutorul limbajului putem articula o viziune în care lumea reală oferă o idee vagă asupra unor posibilităţi mult mai vaste. Putem invoca imagini, autentice sau fanteziste, în minţi îndepărtate sau apropiate. Putem transmite cunoştinţe dobândite cu trudă, înlocuind dificultatea descoperirii cu uşurinţa învăţării. Putem împărtăşi planuri şi alinia intenţii, înlesnind acţiunea coordonată. Putem combina capacităţile noastre creative individuale într-o forţă comună cu o

relevanţă enormă. Putem privi în noi înşine şi să recunoaştem că, deşi modelaţi de evoluţie, suntem capabili să ne ridicăm deasupra necesităţilor supravieţuirii. Şi ne putem minuna cum o colecţie meticulos aranjată de sunete guturale, semivocale, consoane fricative şi pauze poate să transmită cunoştinţe despre natura spaţiului şi a timpului sau să creeze o imagine emoţionantă a iubirii şi a morţii: „Wilbur nu a uitat-o niciodată pe Charlotte. Deşi i-a iubit mult pe copiii şi pe nepoţii ei, nici unul dintre noii păianjeni nu a reuşit s-o înlocuiască pe deplin în inima lui.”—

Cu ajutorul limbajului, ne lansăm în scrierea unei naraţiuni colective, o suprapunere a poveştilor care să dea sens experienţei.

Primele cuvinte

în pofida palindromului apocrif „Madam, I’m Adam” [Madam, eu sunt Adam], nimeni nu ştie când am început să vorbim sau de ce. Darwin a speculat că limbajul a apărut din cântec şi şi-a imaginat că indivizii înzestraţi cu talentele lui Elvis îşi vor atrage mai uşor perechea, sporind numărul cântăreţilor dotaţi din generaţiile următoare. Dispunând de suficient timp, sunetele melodioase se vor transforma treptat în cuvinte.[5] Alfred Russel Wallace, codescoperitorul mai puţin celebru decât Darwin al evoluţiei prin selecţie naturală, a văzut altfel lucrurile. El era convins că

selecţia naturală nu

poate lămuri aptitudinile umane pentru muzică, artă şi, în particular, limbaj. în arena competiţiei pentru supravieţuire, strămoşii noştri care cântau, pictau sau conversau nu erau, în opinia lui Wallace, cu nimic avantajaţi faţă de verişorii lor mai puţin ostentativi. Wallace a văzut doar o singură cale de ieşire: „Trebuie aşadar să admitem posibilitatea", scria el în *Quarterly Review,* o revistă cu mulţi cititori, „că în dezvoltarea rasei umane, o Inteligenţă Superioară a călăuzit aceleaşi legi către scopuri mai nobile".[6] Legile altminteri oarbe ale evoluţiei trebuie să fi fost folosite de o putere divină şi îndreptate către dezvoltarea comunicării şi a culturii. Când Darwin a citit articolul lui Wallace, el a fost consternat, răspunzând cu un „nu" apăsat[7] pe margine şi scriindu-i lui Wallace: „Sper că n-ai omorât de tot copilul tău şi al meu."[8]

în secolul şi jumătate care a trecut de atunci, cercetătorii au elaborat diverse teorii despre originea şi dezvoltarea timpurie a limbajului, dar, la fel ca în luptele libere, fiecare propunere aparent convingătoare trebuia să înfrunte un nou oponent. Există un mult mai mare consens în ce priveşte evoluţia timpurie a universului. Oricât de ciudat ar părea, e logic. Naşterea universului a lăsat un tezaur de fosile. Nu şi naşterea limbajului. Omniprezenta radiaţie cosmică de fond în domeniul microundelor, abundenţele specifice ale unor atomi simpli precum

hidrogenul şi heliul şi mişcarea galaxiilor îndepărtate oferă amprente directe ale proceselor care au avut loc în epoca de început a universului. Undele sonore, primele manifestări ale limbajului, se risipesc repede în uitare. Ele dispar la câteva clipe după ce au fost emise. în absenţa unor relicve tangibile, este la latitudinea cercetătorilor să reconstituie istoria timpurie a limbajului, rezultatul fiind, deloc surprinzător, o mulţime de teorii adesea contradictorii.

Dar chiar şi aşa, există un consens larg că limbajul uman se deosebeşte profund de oricare altă formă de comunicare din regnul animal. Dacă am fi maimuţe cercopitec obişnuite, am putea să dăm alarma, prevenindu-i pe ceilalţi din tribul nostru că prădătorul care se apropie e un leopard (un scâncet scurt şi ascuţit), un vultur (un forăit grav repetat) sau un piton (o onomatopee numită „chutter”).[9] Am fi însă în mare încurcătură dacă ar trebui să exprimăm groaza pe care am simţit-o ieri când un piton s-a strecurat pe lângă noi, sau să concepem un plan pentru a prăda mâine un cuib de păsări din apropiere. Abilităţile noastre lingvistice s-ar reduce la un ansamblu mic, închis, de rostiri specifice, cu semnificaţie fixă, toate centrate pe ce se întâmplă chiar aici şi chiar acum. Cam acelaşi lucru e valabil pentru comunicarea observabilă la alte specii. Bertrand Russell spunea: „Un câine nu-şi poate povesti autobiografia; oricât de elocvent ar lătra, el nu-ţi poate

spune că părinţii săi au fost cinstiţi, dar săraci.”[10] Limbajul uman e complet diferit. Limbajul uman e deschis. în loc să folosim fraze fixe şi limitate, combinăm şi recombinăm un ansamblu finit de foneme pentru a produce succesiuni complexe, ierarhice şi practic nelimitate de sunete care transmit un spectru practic nelimitat de idei.

Putem vorbi despre şarpele de ieri sau despre cuibul de mâine la fel de uşor cum putem descrie un vis încântător despre inorogi zburători sau neliniştea noastră tot mai profundă pe măsură ce noaptea se revarsă peste orizont.

Dacă sondăm şi mai adânc, ne lovim de controverse. Cum se face că la numai câţiva ani după naştere, fără vreo instruire sistematică, devenim fluenti în una sau chiar mai multe limbi? Sunt creierele noastre anume configurate pentru a dobândi limbajul, sau imersiunea culturală împreună cu înclinaţia noastră generală de a învăţa lucruri noi oferă o explicaţie adecvată? Limbajul uman a început ca nişte ansambluri de vocalizări cu semnificaţii fixe, precum strigătele de alarmă ale maimuţelor cercopitec, care apoi s-au scindat în cuvinte, sau a început ca sunete elementare care s-au transformat în cuvinte şi fraze? De ce avem limbaj? Evoluţia a selectat în mod direct limbajul fiindcă oferea un avantaj pentru supravieţuire, sau limbajul e un produs secundar al evoluţiei altor caracteristici, precum o dimensiune mai

mare a creierului? Şi de-a lungul atâtor mii de ani, despre ce am vorbit oare? Şi de ce?

Pentru Noam Chomsky, unul dintre cei mai influenţi lingvişti moderni, capacitatea umană de a dobândi limbajul se bazează pe faptul că fiecare dintre noi posedă o gramatică universală imprimată – un concept cu o bogată filiaţie istorică începând cu filozoful din secolul XIII Roger Bacon, care a conchis că multe dintre limbile lumii au o bază structurală comună. în uzul modern, termenul a fost subiectul unor diverse interpretări, iar de-a lungul anilor Chomsky i-a rafinat şi el semnificaţia. în forma sa cea mai puţin controversată, gramatica universală propune ideea că în alcătuirea noastră neurobiologică înnăscută există ceva care ne predispune la limbaj, o perfecţionare a creierului extinsă la întreaga specie, care ne îndeamnă pe toţi să ascultăm, să înţelegem şi să vorbim. Cum altfel, continuă raţionamentul, ar putea copiii, supuşi asaltului lingvistic aleatoriu, fragmentat şi nonconformist al vieţii de zi cu zi, să asimileze o bogăţie de constructe şi reguli gramaticale precise decât posedând un formidabil arsenal mental gata oricând să proceseze atacul verbal? Şi, fiindcă orice copil poate învăţa orice limbă, arsenalul mental nu poate fi specific fiecărei limbi; mintea trebuie să poată pricepe un nucleu universal comun tuturor limbilor. Chomsky a propus că un eveniment neurobiologic singular, o

„uşoară reconfigurare a creierului” petrecută poate în urmă cu optzeci de mii de ani, le-a permis strămoşilor noştri să dobândească această capacitate, declanşând un big bang cognitiv, care a răspândit limbajul în întreaga specie.[11]

Psihologii cognitivişti Steven Pinker şi Paul Bloom, pionieri ai unei abordări darwiniste a limbajului, sugerează o poveste mai puţin prefabricată în care limbajul a apărut şi s-a dezvoltat după tiparul familiar al acumulării treptate a unor schimbări mărunte, care au conferit fiecare un anumit avantaj pentru supravieţuire.[12] în timp ce strămoşii noştri vânători-culegători cutreierau câmpiile şi pădurile, capacitatea de a comunica – „Grup de mistreţi care pasc, înainte şi un pic la stânga”, sau „Atenţie la Barney, a pus ochii pe Wilma”, sau „Iată o metodă mai bună de a ataşa o piatră ascuţită de un mâner” – s-a dovedit vitală pentru funcţionarea eficientă a grupului şi esenţială pentru împărtăşirea cunoştinţelor acumulate. Creierele capabile să comunice cu alte creiere au avut aşadar un avantaj în arena luptei pentru supravieţuire şi reproducere, favorizând rafinarea şi răspândirea pe scară largă a capacităţilor lingvistice. Alţi cercetători identifică o serie de adaptări, între care controlul asupra respiraţiei, memorizarea, gândirea simbolică, conştientizarea existenţei altor minţi, formarea de grupuri etc., care au putut conlucra pentru a produce limbajul, chiar

dacă limbajul în sine a avut prea puţin de-a face cu valoarea de supravieţuire a acelor adaptări.[13]

Nu ştim nici de cât timp vorbim. Mărturiile lingvistice din trecutul îndepărtat sunt practic inexistente, dar, prin examinarea unor substitute arheologice plauzibile, cercetătorii au propus intervale de timp pentru apariţia limbajului. Artefacte precum unelte cu mâner (pietre sau oase cioplite bine fixate de o coadă), arta rupestră, încrustaţi! geometrice şi podoabe cu mărgele dovedesc că strămoşii noştri din urmă cu cel puţin o sută de mii de ani s-au angajat în planificare, gândire simbolică şi interacţiuni sociale complexe, întrucât tindem să asociem asemenea capacităţi cognitive sofisticate cu limbajul, ne putem imagina că, în timp ce-şi ascuţeau suliţele şi topoarele sau se târau prin peşterile întunecoase pentru a picta păsări şi bizoni, strămoşii noştri sporovăiau despre vânătoarea de a doua zi sau despre focul de tabără din noaptea trecută.

Dovezi mai directe pentru capacitatea de a vorbi sunt spicuite dintr-un alt set de descoperiri arheologice. Oamenii de ştiinţă care urmăresc dezvoltarea cavităţilor craniene şi schimbările structurale ale gurii şi gâtului conchid că, dacă strămoşii noştri voiau să converseze, ei aveau capacitatea fiziologică s-o facă încă din urmă cu mai bine de un milion de ani. Biologia moleculară oferă de asemenea indicii. Vorbirea umană

presupune un grad înalt de dexteritate vocală şi orală, iar în 2001 cercetătorii au identificat ceea ce ar putea fi o bază genetică esenţială pentru asemenea capacităţi. Studiind o familie britanică cu un defect de vorbire extins asupra a trei generaţii – dificultăţi cu gramatica şi cu coordonarea mişcărilor complexe ale gurii, feţei şi gâtului necesare pentru vorbirea normală –, cercetătorii şi-au îndreptat atenţia asupra unei erori genetice, modificarea unei singure litere într-o genă numită *FOXP2,* aflată pe cromozomul uman cu numărul 7.[14] Această greşeală de copiere în instrucţiuni e împărtăşită de membrii familiei afectate, aşa încât a fost puternic implicată în dereglarea atât a limbajului, cât şi a vorbirii. Primele relatări de presă ale descoperirii au numit *FOXP2* „gena gramaticii" sau „gena limbajului", descrieri de senzaţie care i-au iritat pe cercetătorii avizaţi, dar lăsând deoparte hiperbola suprasimplificată, gena *FOXP2* pare să fie o componentă esenţială pentru vorbirea şi limbajul normale.

Variante apropiate ale genei *FOXP2* au fost identificate la multe specii, de la cimpanzei la păsări şi peşti, permiţându-le cercetătorilor să urmărească felul cum s-a modificat gena de-a lungul istoriei evolutive. în cazul cimpanzeilor, proteina codificată de gena lor *FOXP2* diferă de a noastră prin numai doi aminoacizi (din cei peste şapte sute), pe când cea a neanderthalienilor e identică cu a

noastră.[15] Vorbeau oare verii noştri neanderthalieni? Nimeni nu ştie. Această direcţie de cercetare sugerează că baza genetică pentru vorbire şi limbaj a fost stabilită cândva după ce ne-am separat de cimpanzei, în urmă cu câteva milioane de ani, dar înainte să ne fi desprins de neanderthalieni, în urmă cu vreo şase sute de mii de ani.[16]

Legăturile propuse între limbaj şi fiecare dintre reperele istorice – vechi artefacte, structuri fiziologice, profile genetice – sunt ingenioase, dar speculative. în consecinţă, studiile bazate pe aceste repere oferă un interval larg pentru data apariţiei primelor cuvinte din lume, de la zeci de mii la câteva milioane de ani în urmă. Cum au observat de asemenea cercetătorii sceptici, una e să dispui de capacitatea fizică şi agilitatea mentală pentru a te angaja în conversaţie, şi cu totul altceva să te angajezi efectiv.

Prin urmare, ce ne-a putut motiva să vorbim?

De ce am început să vorbim

Nu lipsesc ideile privind motivul pentru care primii noştri strămoşi au rupt tăcerea. Lingvistul Guy Deutscher observă că cercetătorii au propus că primele cuvinte au apărut „din strigăte şi chemări; din gesturi ale mâinii şi limbajul semnelor; din capacitatea de a imita; din capacitatea de a induce în eroare; din îngrijirea corpului; din cântec, dans şi ritm; din

mestecat, supt şi lins; şi din aproape oricare altă activitate imaginabilă”[17], o listă încântătoare care probabil că reflectă mai mult teoretizarea creativă decât antecedentele istorice ale limbajului. Totuşi, una sau posibil o combinaţie a acestora poate spune o poveste relevantă, de aceea să examinăm câteva dintre sugestiile despre originea primelor cuvinte şi de ce au avut ele succes.

în vremuri de demult, anterior inovaţiei de a purta copiii în bandulieră, o mamă obligată să-şi folosească ambele mâini trebuia să pună copilul jos. Cei care ţipau şi gângureau atrăgeau atenţia mamei, care le răspundea pesemne tot vocal – un uguit, un zumzet, un mârâit, susţinute de expresii faciale liniştitoare, gesturi ale mâinii şi atingeri blânde.

Gânguritul copilului şi răspunsul afectuos al mamei vor fi avut ca rezultat rate mai mari de supravieţuire infantilă, selectând vocalizarea şi, potrivit acestei propuneri, plasându-i pe strămoşii noştri pe traiectoria cuvintelor şi a limbajului.[18]

Sau, dacă jargonul matern nu vă convinge, observaţi că gesturile oferă un mijloc direct pentru comunicarea unor informaţii sumare, dar vitale – a face semn cu capul către acest obiect sau a arăta cu degetul în acea direcţie. Unele primate, verii noştri nonumani, deşi nu posedă un limbaj vorbit, se pricep să comunice idei rudimentare prin gesturi ale mâinii şi ale corpului. Iar în condiţii de cercetare

controlate, cimpanzeii au învăţat sute de semne ale mâinii reprezentând diverse acţiuni, obiecte şi idei. E posibil aşadar ca limbajul nostru vorbit să fi evoluat dintr-o fază anterioară de comunicare bazată pe gesturi. Pe măsură ce mâinile noastre au devenit tot mai ocupate cu fabricarea şi folosirea uneltelor, iar întrunirile tot mai complexe făceau ca gesturile să fie ineficiente sau greoaie – dificultatea de a vedea noaptea; dificultatea de a vedea mâinile şi corpurile tuturor membrilor grupului de vânători sau culegători –, vocalizarea a putut oferi mijloace mai eficiente pentru comunicarea informaţiei. întrucât mă număr printre cei ale căror mâini intră în acţiune de fiecare dată când încep să vorbesc, iar uneori chiar înainte, explicaţia asta mi se pare foarte plauzibilă.

Dacă nici limbajul gesturilor nu vă convinge, să examinăm propunerea psihologului evoluţionist Robin Dunbar, potrivit căreia limbajul a apărut ca substitut eficient pentru activitatea larg răspândită a îngrijirii reciproce.[19] Dacă am fi cimpanzei, ne-am face prieteni şi am stabili alianţe culegând cu grijă lindina, pielea descuamată şi alte resturi din blana altor membri ai comunităţii noastre. Unii din grup ne vor întoarce favoarea, pe când cei cu statut social mai înalt vor lua notă de serviciul nostru, dar ne vor lăsa lindina neatinsă. Ritualul de îngrijire e o activitate organizatorică ce favorizează şi menţine ierarhia, clicile şi coaliţiile

grupului. Primii oameni s-au angajat poate în servicii sociale similare, dar, odată cu creşterea mărimii grupului, întreţinerea unor asemenea relaţii individuale ar fi presupus o investiţie de timp împovărătoare. Prieteniile, cuplurile şi alianţele sunt vitale, dar la fel este şi asigurarea unei cantităţi suficiente de hrană. Ce-i de făcut? Ei bine, spune Dunbar, dilema aceasta a putut duce la apariţia limbajului. La un moment dat, strămoşii noştri au înlocuit îngrijirea manuală cu schimbul verbal, care le-a permis să comunice rapid informaţii – cine cui ce îi face, cine a fost incorect, cine s-a angajat în intrigi subversive etc. – şi să renunţe la ore lungi de cules lindină în favoarea câtorva minute de bârfă. Studii recente au arătat că în prezent nu mai puţin de 60% dintre conversaţiile noastre sunt consacrate şuetei, un procent uluitor (mai ales pentru cei care n-au reuşit să stăpânească arta taifasului) despre care unii cercetători susţin că reflectă principalul scop al limbajului la începuturile sale.[20]

Lingvistul Daniel Dor dezvoltă şi mai mult rolul social al limbajului. într-o analiză amplă şi persuasivă, el propune ideea că limbajul e un instrument construit în comun, având o funcţie specifică deosebit de importantă: să le confere indivizilor puterea de a-şi călăuzi unii altora imaginaţia.[21] înainte de apariţia limbajului, schimburile sociale au fost dominate de experienţele comune. Dacă

amândoi am văzut, am auzit sau am gustat ceva, ne putem referi la acel ceva prin gesturi, sunete sau desene. Ar fi fost însă dificil să comunicăm despre experienţe pe care nu le-am împărtăşit, ca să nu mai menţionăm provocarea de a exprima gânduri abstracte şi senzaţii lăuntrice. Limbajul ne-a permis să depăşim aceste dificultăţi. Cu ajutorul limbajului, piaţa schimburilor noastre sociale s-a extins enorm: poţi folosi limbajul pentru a descrie experienţe pe care eu poate că nu le-am avut niciodată; prin cuvinte, poţi evoca acele experienţe în mintea mea. Eu pot face acelaşi lucru pentru tine. Cu trecerea mileniilor, pe măsură ce bunăstarea strămoşilor noştri prelingvistici a devenit tot mai dependentă de acţiunile comune coordonate – cooperarea pentru a vâna animale mari, întreţinerea unor focuri controlate, gătitul hranei pentru grupuri mari, îngrijirea şi instruirea în comun a tinerilor[22] –, ei au depăşit limitele schimbului nonverbal, au adus limbajul în lume şi au stabilit o arenă socială considerabil mai mare, cuprinzând nu doar experienţele comune, ci şi gândurile comune.

Acestea şi aproape toate celelalte propuneri referitoare la originea limbajului pun accent pe cuvântul rostit, manifestarea exterioară a limbajului, în stilul său caracteristic, Chomsky face o întoarcere de o sută optzeci de grade, propunând ideea că, în prima sa

încarnare, limbajul a putut înlesni gândirea interioară.[23] Procesarea, planificarea, predicţia, evaluarea, raţionamentul şi înţelegerea sunt doar câteva din sarcinile esenţiale pe care vocea interioară dintre urechile strămoşilor noştri le-a putut îndeplini odată ce gândirea a fost capabilă să facă uz de limbaj. Limbajul ar fi fost aşadar o evoluţie ulterioară, la fel ca adăugarea difuzoarelor la primele modele de calculatoare personale. Ca şi cum, mult înainte de a vorbi, strămoşii noştri erau genul profund şi tăcut, deliberând asiduu asupra sarcinilor lor de zi cu zi şi păstrându-şi reflecţiile pentru ei. Perspectiva lui Chomsky e discutabilă. Cercetătorii au semnalat caracteristici intrinseci ale limbajului ce par destinate să transpună conceptele interne în cuvinte vorbite (îndeosebi fonologia şi o mare parte a structurii gramaticale), sugerând că limbajul a servit de la bun început pentru comunicarea externă.

Deşi originile limbajului rămân enigmatice, este indiscutabil, şi de maximă relevanţă pentru cele ce urmează, faptul că limbajul şi gândirea oferă un amestec cu imens potenţial. Indiferent dacă o versiune internă a limbajului a precedat sau nu vocalizarea sa externă, şi indiferent dacă acea vocalizare a fost stimulată sau nu de cântec, de îngrijirea copilului, gesticulaţie, bârfă, discursul comunitar, posedarea unui creier mare sau de ceva cu totul diferit, odată ce

mintea umană a dispus de limbaj, raportul speciei noastre cu realitatea s-a aflat în pragul unei schimbări radicale.

Acea schimbare va fi adusă de unul din cele mai larg răspândite şi influente comportamente umane: povestitul.

Naraţiune şi intuiţie

George Smith se grăbea. Degetele mâinii sale drepte băteau uşor, dar persistent darabana pe marginea de abanos încrustată în masa lungă de mahon. Tocmai aflase că Robert Ready, specialistul muzeului în restaurarea pietrei, va lipsi câteva zile. *Câteva zile.* Cum va putea să aştepte? Timp de trei ani îşi aruncase vestonul pe umeri, înşfăcase sendvişul cu marmeladă şi brânză Stilton pregătit cu grijă şi, evitând trecătorii şi trăsurile, gonise spre British Museum, unde-şi petrecea ultimele minute ale pauzei de prânz examinând cu atenţie fragmentele unor tăbliţe de lut întărit recuperate în urma săpăturilor arheologice de la Ninive. Familia lui era săracă. Părăsise şcoala la paisprezece ani pentru a deveni ucenic gravor. Perspectivele lui păreau limitate. Dar George era un geniu. învăţase singur limba asiriană şi devenise expert în citirea scrierii cuneiforme. Custozii muzeului, care-l îndrăgiseră pe ciudatul puşti ce se învârtea pe acolo la amiază, şi- au dat curând seama că era mai priceput în descifrarea inscripţiilor cuneiforme decât

oricare dintre ei, aşa încât l-au primit pe George în grupul lor ca angajat cu normă întreagă. Acum, după numai câţiva ani, George selectase miile de fragmente de lut pentru a asambla prima tăbliţă completă şi o descifrase deja în mare parte. Descoperise, sau credea că descoperise, un secret magnific relatat de seria de incizii şi pene triunghiulare – referirea la un mit al potopului mai vechi decât povestea lui Noe din Vechiul Testament –, dar avea nevoie de Robert Ready ca să înlăture cu delicateţe crusta ce acoperea o porţiune esenţială a textului. George simţea gustul victoriei. îl treceau fiorii imaginându-şi că descoperirea îl va înălţa la o viaţă nouă. Nu mai putea să aştepte. George s-a hotărât să rişte să cureţe el însuşi tăbliţa.

Mă rog, divaghez. Adevăratul George Smith a aşteptat. Peste câteva zile, Robert Ready s-a întors şi s-a pus pe treabă, iar astfel a fost dezvăluită cea mai veche poveste consemnată a speciei noastre, *Epopeea lui Ghilgameş,* compusă în Mesopotamia în mileniul III î.Cr. Relatarea mea liberă face ceea ce povestitorii – noi, oamenii – fac de mult: reconstruieşte realitatea (ce se ştie despre George Smith cel din istorie[24]), uneori cu moderaţie (precum aici), uneori în mod agresiv, uneori căutând efectul dramatic, uneori pentru posteritate, uneori doar din plăcerea de a depăna o poveste bună. Motivaţia artistică a celor care au scris *Epopeea lui Ghilgameş,* o poveste

modelată probabil de multe voci de-a lungul multor generaţii, e necunoscută. Dar în povestea aceasta plină de bătălii şi vise, aroganţă şi invidie, corupţie şi inocenţă, personajele şi preocupările lor ne vorbesc limpede peste milenii.

Iar asta e cu adevărat surprinzător. în cei poate cinci mii de ani care au trecut de la crearea *Epopeii lui Ghilgameş,* istoria a asistat la nenumărate transformări ale modului în care mâncăm şi ne adăpostim, trăim şi comunicăm, ne lecuim şi procreăm, iar cu toate acestea ne recunoaştem imediat în desfăşurarea naraţiunii. Ghilgameş şi tovarăşul său de arme Enkidu au pornit într-o căutare ce le va pune la încercare curajul, moralitatea, iar în cele din urmă sentimentul legat de cine sunt ei cu adevărat – o versiune neolitică a filmului *Thelma şi Louise.*— Spre finalul călătoriei, aplecat asupra trupului neînsufleţit al lui Enkidu, Ghilgameş se lamentează în termeni sfâşietori, dar cât se poate de familiari: „Ca unei mirese, acoperi faţa prietenului său; şi ca un vultur, se aruncă asupra lui, ca o leoaică îndurerată căreia i s-au răpit puii, se suceşte şi se-nvârteşte, înaintea şi în urma lui. îşi smulge şi-şi împrăştie părul cârlionţat, îşi despoaie şi-şi aruncă frumoasele-i veşminte de care acum îi e silă.”[25] La fel ca mulţi alţii, am trecut şi eu prin asta. Cu decenii în urmă, alergând dintr-o cameră într-alta a micului meu apartament dintr-un bloc fără lift, neştiind încotro să mă îndrept, încercam cu furie

să scap de vestea că tatăl meu murise subit. Chiar la o distanţă de o sută dacă nu o mie de generaţii, avem multe în comun cu strămoşii noştri.

Şi nu numai că noi, oamenii, ne întristăm şi jelim, ne emoţionăm şi ne bucurăm, explorăm şi ne mirăm în mod consecvent, dar împărtăşim totodată nevoia de a exprima toate acestea şi a le procesa prin poveşti. Poate că *Ghilgameş* e cea mai veche poveste care s-a păstrat, dar, dacă specia noastră scria poveşti în urmă cu cinci mii de ani, atunci cu siguranţă spuneam poveşti cu mult înainte. Este ceea ce facem acum. Şi ceea ce facem de mult timp, întrebarea este de ce? De ce în loc să vânăm mai mulţi bizoni şi mistreţi sau să adunăm mai multe rădăcini şi fructe, ne ocupăm timpul imaginând escapade cu zei capricioşi sau călătorii în lumi fantastice?

Fiindcă ne plac poveştile, aţi putea răspunde. Da, desigur. Altfel de ce am şterge-o la cinema, deşi raportul acela trebuie predat mâine? Altfel de ce am simţi o plăcere vinovată să lăsăm deoparte „munca adevărată” pentru a continua să citim acel roman sau să urmărim acel serial? însă acesta e doar începutul unei explicaţii, nu finalul. De ce mâncăm îngheţată? Fiindcă ne place îngheţata? Da, desigur. Dar, aşa cum au dovedit în mod convingător psihologii evoluţionişti, analiza poate merge mai în profunzime.[26]

Aceia dintre strămoşii noştri cărora le plăcea să înfulece surse bogate de

energie, precum fructe cărnoase şi nuci coapte, rezistau mai bine perioadelor de lipsuri, producând astfel mai mulţi urmaşi şi propagând o predilecţie genetică pentru dulciuri şi grăsimi. în prezent, pofta pentru o îngheţată cu fistic Hăagen-Dazs, care nu mai e elogiată ca un promotor al sănătăţii, este o relicvă modernă a goanei vitale după calorii de odinioară. Este selecţia darwinistă manifestată la nivelul tendinţei comportamentale. Nu-i vorba că genele ar determina comportamentul. Acţiunile noastre sunt rezultatul unui amalgam complex de influenţe biologice, istorice, sociale, culturale şi tot soiul de alte înrâuriri întâmplătoare care sunt imprimate în configuraţia particulelor noastre. Dar gusturile şi instinctele noastre sunt o parte esenţială a acelui amestec, iar în slujba unor mai bune şanse de supravieţuire evoluţia a jucat un rol important în modelarea lor. Putem învăţa trucuri noi, dar din punct de vedere genetic, şi prin urmare instinctiv, suntem câini bătrâni.

întrebarea, aşadar, este dacă evoluţia darwinistă poate lămuri nu doar gusturile noastre culinare, dar şi pe cele literare. De ce strămoşii noştri au fost tentaţi să cheltuiască resurse preţioase de timp, energie şi atenţie pentru a spune poveşti care, la prima vedere, nu par să ne amelioreze perspectivele de supravieţuire? Deosebit de enigmatice sunt poveştile fictive. Ce utilitate evolutivă ar putea să rezulte din urmărirea

isprăvilor unor personaje imaginare confruntate cu provocări fanteziste în lumi inexistente? Cu mersul ei aleatoriu implacabil prin peisajul adaptării, evoluţia e eficientă în evitarea predispoziţiilor comportamentale extravagante. O mutaţie genetică ce ne îndepărtează de instinctul povestitului, eliberând timp pentru ascuţirea câtorva suliţe în plus sau pentru a găsi câteva carcase de bizoni în plus, s-ar părea că oferă un avantaj pentru supravieţuire care, cu timpul, se va dovedi câştigător. Dar nu s-a întâmplat aşa. Sau, din cine ştie ce motiv, este o ocazie pe care evoluţia a ratat-o.

Cercetătorii au încercat să înţeleagă de ce, dar indiciile sunt rare. Există foarte puţine dovezi pentru a argumenta răspândirea sau utilitatea povestitului la strămoşii noştri din urmă cu mii de generaţii. Aceasta pune în evidenţă o dificultate generală a cercetărilor care caută o bază evolutivă a comportamentului, şi pe care o vom întâlni sub diverse forme în capitolele următoare. Din punctul de vedere al selecţiei naturale, ceea ce contează e impactul pe care l-a putut avea cutare sau cutare comportament asupra perspectivelor de supravieţuire şi reproducere ale strămoşilor noştri pe durata celei mai mari părţi a istoriei lor. O explicaţie demnă de încredere necesită aşadar o mai bună înţelegere a mentalităţii ancestrale în relaţia sa cu mediul ancestral. Dar istoria consemnată

oferă informaţii doar asupra ultimului sfert de procent din cei aproximativ două milioane de ani cât au trecut de la primele migraţii umane care au părăsit Africa. Cercetătorii au elaborat metode indirecte de sondare a trecutului, incluzând examinarea detaliată a vechilor artefacte, extrapolări pe baza analizelor etnografice ale grupurilor de vânători-culegători care mai există în prezent şi studii ale arhitecturii creierului în căutarea ecourilor cognitive ale unor vechi dificultăţi de adaptare. Mozaicul de indicii restrânge teoretizarea, dar permite în continuare o diversitate de perspective.

Potrivit uneia dintre aceste perspective, a încerca să atribui povestitului un rol de adaptare înseamnă să cauţi o mai mare eficienţă biologică într-un loc greşit. S-ar putea ca o anumită predispoziţie comportamentală să fie produsul secundar al altor procese evolutive – procese care au favorizat supravieţuirea, şi ca atare au evoluat în modul obişnuit prin selecţie naturală. Directiva generală, evidenţiată sugestiv într-un faimos articol al lui Stephen Jay Gould şi Richard Lewontin, este că nu poţi să alegi din evoluţie doar ce-ţi place.[27] Uneori evoluţia oferă numai pachete de tranzacţii. Greierele alb-cenuşii mari, de tip uman, ticsite cu neuroni dens conectaţi, sunt într-adevăr utile pentru supravieţuire, dar poate că există ceva intrinsec în structura lor care face să le placă poveştile. Să considerăm, de exemplu, că succesul nostru ca fiinţe

sociale se bazează în parte pe a fi bine informat – cine-i sus, cine-i jos, cine-i puternic, cine-i vulnerabil, cine-i vrednic de încredere. Dată fiind utilitatea adaptivă a unor asemenea informaţii, tindem să le acordăm atentie atunci când sunt disponibile. Iar dacă suntem în posesia lor, nu este ceva neobişnuit să le împărtăşim în schimbul lustruirii statutului nostru social. întrucât ficţiunea debordează de asemenea informaţii, minţile noastre modelate pentru adaptare devin atente, ascultă şi repetă, chiar dacă naraţiunea e fantezistă. Selecţia naturală le va zâmbi aşadar creierelor pe măsură ce ele devin mai apte pentru viaţa socială, ascultând în acelaşi timp plictisită povestitul lor obsesiv.

Convinşi? Multora – iar eu fac parte din acest grup – nu li se pare plauzibil ca, dată fiind capacitatea lui de inovare, creierul să fi devenit prizonierul unui comportament generalizat, absolut central, şi cu toate acestea irelevant pentru adaptare. Poate că aspecte ale experienţei povestitului au făcut parte dintr-un pachet de tranzacţii evolutiv, dar dacă a spune poveşti, a le asculta şi a le spune din nou ar fi doar o pălăvrăgeală marginală, putem presupune că evoluţia ar fi găsit o cale să elimine acest năravextravagant. Şi atunci, cum şi-a obţinut povestitul valoarea de adaptare care i-a asigurat supravieţuirea?

în căutarea unui răspuns, trebuie să fim atenţi la regulile jocului. Pentru multe

comportamente e foarte uşor să născocim post factum roluri de adaptare. Şi fiindcă nu putem testa asemenea sugestii repetând procesul evolutiv, există pericolul să rămânem cu un ansamblu de explicaţii „la comandă”. Propunerile cele mai convingătoare sunt cele care pornesc de la o dificultate de adaptare – care dacă e depăşită are ca rezultat un mai mare succes în reproducere – şi susţin că un anumit comportament (sau suită de comportamente) este bine conceput în mod intrinsec pentru a înfrunta acea dificultate. Explicaţia darwinistă a faptului că ne plac dulciurile e exemplară. Oamenii au nevoie de un număr minim de calorii pentru a supravieţui şi a se reproduce. Confruntaţi cu posibilitatea unei penurii devastatoare de calorii, preferinţa pentru alimentele bogate în zaharuri are o valoare de adaptare evidentă. Dacă ar fi să proiectăm mintea omenească, conştienţi de necesităţile fiziologice şi de natura mediului ancestral, e lesne de imaginat că am proiecta creierul omenesc aşa încât să încurajeze corpul să mănânce fructe ori de câte ori sunt disponibile. Prin urmare, nu-i deloc surprinzător că selecţia naturală a ajuns la această strategie. Problema este dacă există considerente de adaptare analoage care să ne determine să programăm mintea umană pentru a crea, a spune şi a asculta poveşti.

Există. Povestitul poate fi modalitatea minţii de a se pregăti pentru lumea reală, o versiune cerebrală a activităţilor ludice

atestate la numeroase specii, care oferă mijloace sigure pentru practicarea şi rafinarea unor aptitudini esenţiale. Psiholog influent şi expert în tot ceea ce priveşte mintea, Steven Pinker descrie o versiune foarte stilizată a acestei idei: „Viaţa e ca un joc de şah, iar scenariile sunt precum acele cărţi scrise de şahişti celebri pe care jucătorii serioşi le studiază pentru a fi pregătiţi în caz că se vor afla ei înşişi în situaţii dificile similare.”[28] Pinker îşi imaginează că prin intermediul poveştilor fiecare dintre noi construim un „catalog mental” al reacţiilor strategice la posibilele surprize ale vieţii, pe care apoi îl putem consulta la nevoie. De la contracararea membrilor făţarnici ai tribului la curtarea potenţialelor perechi, organizarea vânătorilor colective, evitarea plantelor otrăvitoare, instruirea tinerilor, repartizarea hranei neîndestulătoare etc., strămoşii noştri s-au confruntat cu un obstacol după altul în vreme ce genele lor încercau să-şi asigure prezenţa în generaţiile ulterioare. Imersiunea în poveşti fictive despre o gamă largă de provocări similare va fi avut capacitatea de a rafina strategiile şi reacţiile strămoşilor noştri. Codificarea creierului pentru a se implica în ficţiune ar fi deci o cale ingenioasă de a conferi minţii într-un mod ieftin, sigur şi eficient o bază mai amplă de experienţe în vederea acţiunii.

Unii specialişti în literatură au fost reticenţi, observând că, în general, strategiile urmate de personaje fictive

confruntate cu provocări imaginare nu pot fi transpuse în viaţa reală, sau în orice caz nu e recomandabil.[29] „Ai putea sfârşi alergând de colo- colo precum comicul dement Don Quijote, sau tragic iluzionată Emma Bovary – care amândoi o iau razna, fiindcă confundă fantezia literară cu realitatea” este modul glumeţ în care Jonathan Gottschall rezumă această critică.[30] Pinker, fireşte, nu sugera să copiem acţiunile întâlnite în poveşti, ci să învăţăm din ele – o abordare, după cum observă Gottschall, care poate că e transmisă mai corect dacă în metaforă se operează o schimbare modestă, precum cea introdusă de psihologul şi romancierul Keith Oatley:[31] în locul unui fişier mental, să ne gândim la un simulator de zbor. Poveştile oferă tărâmuri inventate în care urmărim pas cu pas personaje ale căror experienţe le depăşesc cu mult pe ale noastre. Prin ochi împrumutaţi, protejaţi de sticla incasabilă a poveştii, observăm îndeaproape o multitudine de lumi exotice. Iar prin intermediul acestor episoade simulate, intuiţia noastră se extinde şi se rafinează, devine mai ageră şi mai flexibilă. Confruntaţi cu nefamiliarul, nu iniţiem investigaţii cognitive în căutarea unui Dear Abby— al minţii. În schimb, prin poveste interiorizăm un simţ mai nuanţat legat de cum şi de ce să reacţionăm, iar acea cunoaştere intrinsecă ne călăuzeşte comportamentul în viitor. Cultivarea unui simţ înnăscut al pasiunii eroice nu

înseamnă nicidecum a te lupta cu morile de vânt – iar asta am reţinut eu, la fel ca mulţi alţii, când am întors ultima pagină a aventurilor lui Alonso Quijano.

Având simulatorul de zbor ca metaforă pentru utilitatea adaptivă a poveştilor, cum vom programa simulatorul însuşi? Ce fel de poveşti îl vom pune să deruleze? Putem prelua răspunsul de pe prima pagină a unui curs introductiv de scriere creativă. O axiomă a povestitului e necesitatea unui conflict. Necesitatea unor dificultăţi. Necesitatea unor încurcături. Suntem atraşi de personaje ale căror scopuri presupun înlăturarea unor obstacole perfide, exterioare şi interioare. Călătoriile lor, la propriu şi la figurat, ne ţin cu sufletul la gură sau ne fac să întoarcem febril paginile. E limpede că poveştile cele mai captivante implică abordări surprinzătoare, distractive sau chiar înspăimântătoare ale personajelor, intrigii şi tehnicii narative înseşi, dar, dacă eliminaţi conflictul, pentru mulţi povestea îşi pierde interesul. Nu-i o coincidenţă că acelaşi lucru e valabil pentru utilitatea darwinistă a conţinutului derulat pe simulatorul de zbor narativ. Fără conflict, fără dificultăţi, fără încurcături, valoarea de adaptare a poveştii dispare şi ea. Un Josef K.— fericit să mărturisească o crimă de care nu se face vinovat şi să ispăşească supus o pedeapsă nejustificată ar fi o lectură rapidă. Iar în absenţa altor ajustări narative, una cu prea puţin impact. La fel

o Dorothy care-şi scoate bucuroasă papucii rubinii, părăseşte drumul pavat cu cărămizi galbene şi se integrează în Munchkinland. Cerul senin, motoarele care funcţionează perfect şi pasagerii model nu sunt simulările care să amelioreze reflexele piloţilor. Utilitatea repetiţiilor pentru lumea reală constă în confruntarea cu situaţii la care trebuie să reacţionăm pe nepregătite.

Este o perspectivă asupra poveştilor care poate de asemenea lămuri de ce cu toţii petrecem zilnic câteva ore născocind poveşti pe care rareori ni le amintim, şi încă şi mai rar le împărtăşim. Prin zi înţeleg aici noapte, iar poveştile sunt cele produse în somnul REM. La peste un secol de când a apărut *Interpretarea viselor* a lui Freud, încă nu cădem de acord asupra motivului pentru care visăm. Am citit cartea lui Freud pentru un curs din primul an de liceu numit Igienă (da, chiar aşa se numea), un obiect oarecum bizar predat de profesorii de gimnastică şi antrenorii sportivi, care se concentra pe primul ajutor şi standardele comune de curăţenie, în absenţa unor materiale care să umple un întreg semestru, orele erau completate cu expuneri obligatorii ale elevilor pe teme considerate vag relevante. Eu am ales somnul şi visele, şi probabil că am luat lucrurile prea în serios, citindu-l pe Freud şi petrecând multe ore după program studiind literatura ştiinţifică. Momentul de revelaţie pentru mine, şi pentru întreaga

clasă, a fost lucrarea lui Michel Jouvet, care la finele anilor 1950 a explorat lumea onirică a pisicilor.[32] Deteriorând o parte din creierul pisicii *(locus coeruleus,* dacă vă plac lucrurile acestea), Jouvet a extirpat un bloc neural care în mod obişnuit împiedică gândurile din vis să stimuleze acţiunea corpului, cu rezultatul că pisicile adormite se ghemuiau, se arcuiau, sâsâiau şi zgâriau, reacţionând pesemne la prădători şi prăzi imaginare. Dacă nu ştiai că animalele dorm, puteai crede că practicau un fel de kata— pentru feline. Mai recent, studii pe şobolani folosind sonde neurologice mai rafinate au arătat că tiparele lor cerebrale în timpul visului seamănă atât de mult cu cele înregistrate atunci când sunt treji şi învaţă un nou labirint, încât cercetătorii pot urmări evoluţia minţii şobolanului care visează şi reconstituie paşii făcuţi înainte.[33] Atunci când pisicile şi şobolanii visează, se pare că repetă comportamente relevante pentru supravieţuire.

Strămoşul nostru comun cu pisicile şi rozătoarele a trăit în urmă cu vreo şaptezeci sau optzeci de milioane de ani, aşa încât extrapolarea unei concluzii speculative la specii separate de zeci de mii de milenii e însoţită de mari semne de avertizare. Ne putem însă imagina că minţile noastre îmbibate de limbaj pot produce vise într-un scop similar: pentru a oferi antrenamente cognitive şi emoţionale care sporesc cunoaşterea şi exersează intuiţia – şedinţe nocturne pe

simulatorul de zbor al poveştilor. Poate că de aceea pe durata tipică a unei vieţi fiecare dintre noi petrecem nu mai puţin de şapte ani cu ochii închişi, corpul aproape paralizat, consumând poveşti create de noi înşine.[34]

în mod intrinsec însă, povestitul nu e un agent solitar. Povestitul e mijlocul nostru cel mai puternic de a locui în alte minţi. Iar ca specie profund socială, capacitatea de a ne muta temporar în mintea altcuiva a fost poate esenţială pentru supravieţuirea şi dominaţia noastră. Asta oferă o explicaţie conceptuală înrudită pentru codificarea povestitului în repertoriul comportamental uman – adică pentru identificarea utilităţii adaptive a instinctului nostru de a spune poveşti.

Povestitul şi minţile altora

Discursul profesional al fizicienilor implică în general un jargon specializat, presărat cu confetti de ecuaţii. Nu tocmai genul de material care să stârnească interesul celor adunaţi în jurul unui foc de tabără. Dar, dacă ştii să citeşti ecuaţiile şi să interpretezi jargonul, poveştile pe care le spun pot fi emoţionante. în noiembrie 1915, când un Albert Einstein epuizat, pe punctul de a-şi finaliza teoria generală a relativităţii, a folosit ecuaţiile pentru a explica enigma persistentă a uşoarei devieri a orbitei lui Mercur de la predicţiile newtoniene, el a fost atât de emoţionat, încât a simţit palpitaţii ale

inimii. Navigase timp de aproape un deceniu prin apele înşelătoare ale matematicii complexe, iar rezultatul calculelor a fost echivalent cu prima vedere a pământului. Parafrazând aprecierea ulterioară a lui Alfred North Whitehead, aceasta a însemnat că expediţia îndrăzneaţă a lui Einstein ajunsese cu bine pe ţărmurile cunoaşterii.[35]

Eu n-am făcut niciodată a descoperire atât de importantă. Puţini au făcut. Dar chiar şi descoperiri mai prozaice pot face inima să bată mai repede de emoţie. în asemenea momente ai sentimentul unei conexiuni profunde cu cosmosul. Aceasta e adevărata semnificaţie a poveştilor ascunse în matematica abstractă şi în limbajul de specialitate. Sunt poveşti care oferă o explicaţie intimă a universului, sau a unei părţi din univers, a naşterii, a îmbătrânirii şi a transformării sale. Poveştile oferă un mijloc de a percepe universul dintr-o perspectivă altminteri inaccesibilă. Ele oferă o poartă către tărâmuri ale realităţii care, în exemplele remarcabile, sunt complet neaşteptate. Prin matematică, confirmată de experiment şi observaţie, ni se permite să intrăm în comuniune cu un cosmos straniu şi minunat.

Poveştile pe care le spunem de mii de ani în limbile naturale joacă un rol analog. Prin poveste ne eliberăm de perspectiva noastră individuală obişnuită, iar pentru un scurt moment locuim în lume într-un

mod diferit. O percepem prin ochii şi imaginaţia povestitorului. Simulatorul de zbor al poveştilor e portalul nostru către lumi idiosincratice care vieţuiesc în minţi învecinate. După cum spunea Joyce Carol Oates, cititul „este singura metodă prin care ne strecurăm, involuntar, deseori neputincioşi, în pielea altcuiva; în glasul altcuiva; în sufletul altcuiva [...] pentru a pătrunde într-o conştiinţă necunoscută nouă”.[36] în absenţa poveştilor, nuanţele altor minţi ar fi la fel de opace ca lumea microscopică fără cunoaşterea mecanicii cuantice.

Această trăsătură distinctivă a poveştii are vreo consecinţă evolutivă? Cercetătorii cred că da. Am prosperat, în mare parte, fiindcă suntem o specie extrem de socială. Putem să trăim şi să muncim în grupuri. Nu în perfectă armonie, dar cu suficientă cooperare pentru a răsturna calculele privind supravieţuirea. în număr nu este doar siguranţă. în număr este şi inovaţie, participare, delegare şi colaborare. Iar cunoştinţele despre diversitatea experienţei umane pe care le-am absorbit prin poveşti sunt esenţiale pentru succesul vieţii în grup. După cum observa psihologul Jerome Bruner, „Ne organizăm experienţa şi amintirea evenimentelor umane mai ales în formă narativă”[37], ceea ce îl făcea să pună la îndoială că „o asemenea viaţă colectivă ar fi posibilă în absenţa capacităţii noastre umane de a organiza şi comunica experienţa sub

formă de naraţiune”.[38] Prin naraţiune explorăm spectrul comportamentului uman, de la satisfacerea aşteptărilor sociale la transgresiunile cele mai odioase. Suntem martori ai diversităţii motivaţiei umane, de la ambiţia elevată la brutalitatea reprobabilă. întâlnim anvergura dispoziţiilor umane, de la victoria triumfătoare la pierderea sfâşietoare. După cum sublinia filologul Brian Boyd, naraţiunea face „peisajul social mai navigabil, mai vast, mai deschis posibilităţilor”, insuflându-ne „dorinţa de a înţelege lumea nu doar în termenii experienţei noastre directe, ci şi prin experienţa altora – şi nu doar a unor persoane reale”.[39] Indiferent dacă sunt spuse prin intermediul miturilor, poveştilor, fabulelor sau chiar al relatărilor înfrumuseţate ale unor evenimente cotidiene, naraţiunile sunt cheia naturii noastre sociale. Prin matematică intrăm în comuniune cu alte realităţi; prin poveste intrăm în comuniune cu alte minţi.

Când eram copil, urmăream adesea serialul *Star Trek* împreună cu tatăl meu, tradiţie pe care o repet cu fiul meu. Poveştile moralizatoare şi opera spaţială exercită o puternică atracţie asupra celor cărora le place explorarea eroică servită cu doze de reflecţie filozofică. Unul dintre episoadele cele mai captivante, „Darmok”, din noua serie *Next Generation,* înfăţişează rolul extraordinar al povestirii în modelarea civilizaţiei. Tamarienii, o

rasă extraterestră de umanoizi, comunică doar prin intermediul alegoriilor, de aceea folosirea de către căpitanul Picard a limbajului direct e la fel de derutantă pentru ei cum sunt pentru el permanentele lor referiri la poveşti necunoscute lui. Picard înţelege în cele din urmă viziunea lor alegorică asupra lumii şi stabileşte o întâlnire interspecifică a minţilor povestind *Epopeea lui Ghilgameş.*

Pentru tamarieni, tiparele vieţii şi ale comunităţii sunt imprimate într-o colecţie de poveşti împărtăşite. Şablonul nostru mental nu este atât de unilateral, dar chiar şi aşa naraţiunea oferă una dintre principalele noastre scheme conceptuale. Antropologul John Tooby şi psihologul Leda Cosmides, pionieri ai psihologiei evolutive, sugerează de ce: „Am evoluat cu nu prea mult timp în urmă din organisme a căror unică sursă de informaţii (ne-înnăscute) a fost experienţa proprie a individului.”[40] Iar experienţa, fie că e vorba de a înfrunta mulţimea din Times Square în zilele noastre sau de a coordona o vânătoare în grup pe câmpiile Africii cenozoice, oferă informaţii sub forma unor pachete narative. Dacă am poseda perspectiva supraomenească imaginară permiţând vederea particulelor pe care am invocat-o în capitolul precedent, pachetele de experienţă poate că ar arăta altfel: poate că ne-am organiza gândurile şi amintirile în termeni de traiectorii ale particulelor sau funcţii de

undă cuantice. Dar, cu percepţiile umane obişnuite, paleta experienţei are culorile naraţiunii, şi de aceea minţile noastre sunt adaptate pentru a picta universul în poveşti.

De remarcat totuşi că forma şi conţinutul sunt lucruri diferite. Deşi experienţa ne-a insuflat fascinaţia pentru structura poveştii, folosim naraţiunea pentru a ne organiza cunoştinţele mult dincolo de limitele întâlnirilor umane. Progresele ştiinţei oferă un prim exemplu. Poveştile despre o specie solitară care porneşte la cucerirea marilor mistere ale realităţii şi revine cu cunoştinţe dintre cele mai uimitoare pot fi într-adevăr substanţa dramelor şi epopeilor eroice. Dar între standardul succesului pentru conţinutul ştiinţific al acestor poveşti şi măsurile pe care le aplicăm odiseelor noastre umane diferenţa e ca de la cer la pământ. Raţiunea de a fi a ştiinţei e să înlăture vălul care ascunde realitatea obiectivă, aşa încât relatările ştiinţifice trebuie să se conformeze standardelor logicii şi să fie testate prin experimente repetabile. Aceasta e puterea şi totodată limitarea ştiinţei. Dar, aderând riguros la un standard care minimizează subiectivitatea, ştiinţa se concentrează asupra unor rezultate care trec dincolo de orice membru individual al speciei. Extrem de importanta ecuaţie cuantică a lui Schrodinger ne spune foarte multe despre electroni – şi cât de emoţionant e

să avem o ecuaţie care descrie forfota acestor particule fantomatice cu mai mare precizie decât orice relatare a oricărui alt eveniment de pe planetă –, dar matematica nu ne spune mare lucru despre Schrodinger sau noi, ceilalţi. Este preţul pe care ştiinţa îl plăteşte cu mândrie pentru o cronică cuantică ce s-ar putea dovedi relevantă mult dincolo de micul nostru colţ de realitate, fiind poate stăpână pe toată întinderea spaţiului şi întreaga durată a timpului.

Poveştile pe care le spunem despre acţiunile personajelor, fie că sunt reale sau fictive, au alt obiect. Ele luminează bogăţia existenţei noastre, circumscrisă ineluctabil şi în întregime subiectivă. Impresionanta povestire a lui Ambrose Bierce, care ocupă un scurt moment dintr-o execuţie militară la Owl Creek Bridge, distilează ceea ce Ernest Becker a numit „teribila dorinţă lăuntrică de viaţă”.[41] Prin poveste, asistăm la o versiune amplificată a acelei dorinţe arzătoare. Iar când ni-l imaginăm pe epuizatul, dar exaltatul Peyton Farquhar întinzându- se să-şi îmbrăţişeze soţia, însă laţul funiei îl smulge brusc, pe el ca şi pe noi, din imaginara lui evadare, sentimentul nostru legat de ce înseamnă a fi om se ramifică. Prin limbaj, povestea aruncă în aer limitele care altminteri ne-ar fi impuse de experienţele noastre mărginite. în timp ce cuvintele alese cu măiestrie ne călăuzesc imaginaţia, dobândim un sentiment mai profund al umanităţii noastre comune şi o

înţelegere mai nuanţată a felului în care să supravieţuim ca specie socială.

Indiferent dacă e vorba de fapte sau ficţiune, de sensul propriu sau figurat, impulsul narativ e o trăsătură umană universală. Asimilăm lumea prin simţuri, iar în urmărirea coerenţei şi întrezărirea posibilităţii căutăm tipare, inventăm tipare şi imaginăm tipare. Cu ajutorul poveştilor articulăm ceea ce găsim. Este un proces continuu, esenţial pentru modul în care ne ordonăm viaţa şi atribuim sens existenţei. Poveştile despre personaje reale sau imaginare, reacţionând la situaţii familiare sau extraordinare, oferă un univers virtual de participare umană care ne inspiră reacţiile şi ne rafinează acţiunile. Cândva în viitorul îndepărtat, dacă vom fi în sfârşit gazde ale unor vizitatori dintr-o lume îndepărtată, naraţiunile noastre ştiinţifice vor conţine adevăruri pe care probabil că şi ei le-au descoperit, aşa încât vor avea puţin de oferit. La fel ca în cazul lui Picard şi al tamarienilor, naraţiunile noastre umane le vor spune cine suntem.

Povestiri mitice

în comunitatea oamenilor de ştiinţă, rezultatele cercetării sunt acceptate dacă explică date enigmatice, oferă soluţii ale unor probleme teoretice spinoase sau ne permit să realizăm lucruri anterior imposibile. Marea majoritate a progreselor ştiinţifice rămân domeniul

experţilor, dar unele reuşesc să se ridice deasupra celorlalte şi au un impact cultural extins. De cele mai multe ori, acestea sunt progrese relevante pentru marile întrebări care transcend amănuntele ştiinţifice de rutină: Cum a început universul? Care e natura timpului? Este spaţiul ceea ce pare să fie? Dacă asimilaţi răspunsurile cele mai rafinate ale ştiinţei la asemenea întrebări importante, perspectiva voastră asupra realităţii se va schimba aproape cu certitudine. Faptul că suntem pe o planetă mică ce se roteşte în jurul unei stele obişnuite, ca urmare a unei formidabile inflaţii a spaţiului primordial, îmi inspiră permanent gândurile privind locul nostru în imaginea la scară mare. Că timpul se scurge cu o viteză diferită pentru mine faţă de oricine altcineva care nu se mişcă exact la fel ca mine este un fapt uimitor asupra căruia reflectez la nesfârşit. Că realitatea noastră aparent tridimensională ar putea fi doar o secţiune subţire dintr-un spaţiu cu mult mai vast este o posibilitate fascinantă pe care îmi place să mi-o imaginez.

De-a lungul mileniilor, şi culturile au produs poveşti deosebite care au izbutit să se ridice deasupra celorlalte şi să aibă o mare influenţă asupra viziunii despre realitate a comunităţii lor. Acestea sunt miturile unei culturi – poveşti suficient de respectate pentru a acumula o calitate sacră. Este foarte greu să defineşti mitul, dar vom considera că el desemnează

poveşti care invocă agenţi supranaturali pentru a explora marile întrebări ale unei culturi: originea sa, ritualurile sale îndelung practicate, modurile sale specifice de a impune ordinea în lume. Prin longevitatea lor, marea atractivitate şi portofoliul de explicaţii fundamentale, miturile devin baza unei moşteniri împărtăşite, un corpus de tragedie şi triumf, de cronică şi fantezie, de aventură şi reflecţie care defineşte un popor şi modelează o societate.

Există o lungă serie de savanţi care au elaborat modalităţi ingenioase de a citi şi interpreta mitul. La începutul secolului XX, antropologul Sir James Frazer a lansat ideea că miturile apar din încercările de a explica fenomenele altminteri enigmatice ale vieţii şi naturii cu care s-au întâlnit semenii noştri din vechime. Psihanalistul Cari Jung credea că, prin mijlocirea arhetipurilor – tipare universale care, presupunea el, sunt inerente minţii inconştiente –, miturile exprimă trăsături împărtăşite ale experienţei umane. Joseph Campbell afirma existenţa unui „monomit”, un şablon fundamental pentru poveştile mitologice în care un personaj şovăielnic e chemat la acţiune, porneşte într-o aventură plină de pericole şi rituri de trecere care sfidează moartea, iar în cele din urmă se întoarce acasă, un erou renăscut a cărui călătorie ne scutură viguros simţul realităţii.[42] Mai recent, filologul Michael Witzel sugera că un şablon universal iese mai clar în evidentă

nu la nivelul

miturilor individuale, ci doar atunci când examinăm miturile colective ale unor întregi tradiţii – o succesiune de poveşti înlănţuite care se extinde de la începuturile lumii până la disoluţia ei finală. Invocând lingvistica, genetica populaţiilor şi arheologia, Witzel susţine că însuşirile comune ale acestor naraţiuni pot fi identificate într-o formă anterioară de mitologie originară din Africa, poate în urmă cu o sută de mii de ani.[43]

Aceste propuneri şi altele, prea numeroase pentru a le menţiona, suscită controverse şi critici pătimaşe. Au susţinători şi detractori; se înalţă şi cad. Unii oameni de ştiinţă sugerează că, deşi o explicaţie unică atotcuprinzătoare a mitului exercită o seducţie puternică – ea ar contribui la identificarea trăsăturilor universale care au modelat moştenirea noastră ancestrală complexitatea vieţii umane desfăşurată de-a lungul unei istorii incerte şi doar vag luminată poate că nu se pretează unei explicaţii unice. Pentru scopul nostru aici, anvergura explicativă poate fi mai limitată. Specialista în domeniul religiilor şi scriitoarea Karen Armstrong a oferit rezumatul cel mai succint, observând că miturile sunt „aproape întotdeauna înrădăcinate în experienţa morţii şi frica de extincţie”[44]; şi chiar dacă suntem ceva mai moderaţi şi atenuăm „aproape întotdeauna” la „deseori” sau „în multe cazuri”, tot avem o puternică lumină călăuzitoare.

Câteva exemple: Când Ghilgameş aude vorbindu- se despre un om căruia s-ar părea că zeii i-au dăruit nemurirea, el nu se dă înapoi de la nimic – străbate pustietăţi întinse, înfruntă scorpioni monstruoşi, traversează Apele Morţii – pentru a afla secretul prin care să scape de sfârşitul altminteri inevitabil. Moartea este elementul central în povestea hindusă a zeiţei Kali, a cărei perfecţiune îi înfurie atât de tare pe semenii ei divini, încât aceştia îi retează capul cu un fulger;[45] moartea este nucleul mitului Kono— al creaţiei în care Sa, divinitatea morţii, crede că fiica lui a fost violată de zeul Alatangana, şi drept răzbunare decretează mortalitatea pentru întreaga omenire; este o temă semnificativă în povestea din Oceania a lui Maui, care trece prin fălcile fioroase ale zeiţei demonice Marea Hina a Nopţii, cu intenţia de a-şi asigura nemurirea smulgându-i inima – dar Hina se trezeşte, şi cu dinţii ei tăioşi ca briciul îl sfâşie în bucăţi.[46] Deschideţi la întâmplare antologia voastră preferată de mituri ale lumii, iar în scurt timp veţi ajunge la poarta morţii. Basmele acestea despre personaje care se luptă pentru viaţa lor şi aduc moartea în lume au ecou în numeroasele poveşti despre nimicirea întregii lumi. Aşa cum observă Witzel, distrugerea „poate avea loc printr-o conflagraţie mondială finală, Götterdämmerung sau Ragnarök din Edda; prin metal topit în mitul zoroastrian; focul şi dansul distructiv al lui

Siva în India; foc în mitul Munda; foc/apă şi aşa mai departe în miturile maya şi ale altor populaţii mezoamericane; distrugerea finală a pământului de către Atum în Egipt”.[47] Iar dacă toate acestea nu vi se par suficiente, există numeroase poveşti despre alte forme de distrugere care folosesc cu generozitate gheaţa, iernile nesfârşite şi, prezente în întreaga lume, potopurile.

Ce se întâmplă? De ce atâtea pericole, morţi şi distrugeri? Naraţiunea invită conflictul şi dificultatea; dacă nu ne-am propus cumva să răsturnăm normele narative, în absenţa acestor elemente cu greu am putea spune vreo poveste. Să adăugăm şi celelalte preocupări majore din nucleul mitului – originea locului sau a oamenilor şi raţiunile modurilor de a fi –, iar dilemele inerente povestirii sunt împinse la extrem. Cu greu ar putea fi altfel. Când dispunem de limbaj şi când spunem poveşti, înseamnă că am dobândit capacitatea de a trăi dincolo de momentul prezent. Putem naviga cu uşurinţă în trecut şi în viitor. Putem să planificăm şi să proiectăm, să anticipăm şi să pregătim. Utilitatea acestor capacităţi e evidentă, dar posedând o astfel de agilitate mentală trăim de asemenea cu amintirea celor care au fost, dar nu mai sunt. Deducem tiparul, niciodată încălcat, că orice viaţă are un sfârşit. Recunoaştem că viaţa şi moartea sunt unite într-o îmbrăţişare indisolubilă. Ele sunt trăsături duale ale existenţei. A reflecta asupra originilor

înseamnă a pune întrebări despre sfârşituri. A reflecta cum să-ţi trăieşti viaţa înseamnă a reflecta asupra absenţei vieţii. Caracterul inevitabil al morţii este o concluzie obligatorie pentru noi aici şi acum şi, ne putem imagina, cu atât mai mult în epocile când sfârşitul putea surveni într-un mod mult mai capricios. Nu e de mirare că moartea şi distrugerea au devenit teme proeminente.

Dar de ce să populăm aceste basme străvechi cu giganţi maniaci, şerpi care scuipă foc, oameni cu capete de taur şi altele asemenea? De ce basme fantastice înfricoşătoare în locul unui realism înfricoşător? De ce să mergem la filme precum *Poltergeist* şi *Exorcistul,* iar nu la *Salvaţi-l pe soldatul Ryan* şi *Reservoir Dogs?* Antropologul cognitiv Pascal Boyer, dezvoltând lucrări mai vechi ale savantului cognitivist Dan Sperber[48], sugerează un răspuns. Pentru ca un concept să ne atragă atenţia cu suficientă forţă încât să ni-l amintim şi să-l transmitem altora, el trebuie să fie suficient de nou pentru a surprinde, dar nu atât de şocant încât să-l considerăm numaidecât ridicol. Boyer susţine că o anumită reflecţie îşi atinge ţinta cognitivă dacă este „minimal contraintuitivă” – ceea ce înseamnă că încalcă una sau cel mult două dintre aşteptările noastre adânc înrădăcinate.[49] Oameni invizibili? Desigur, atâta timp cât invizibilitatea e singura trăsătură contraintuitivă. Un râu care rezolvă probleme de analiză matematică şi

cântă soluţiile pe tema din M*A*S*H? Absurd, şi ca atare respins de aproape toţi şi repede uitat. Aliniindu-se temelor ieşite din comun ale povestirilor mitice, protagoniştii pe care-i întâlnim sunt creaţii ieşite din comun, dar numai minimal contraintuitive, ale imaginaţiei umane. Nici o surpriză că aceşti protagonişti au forme fizice, procese de gândire şi chiar profiluri ale personalităţii complet familiare, chiar dacă puterile lor depăşesc aşteptările bazate pe tot ceea ce am întâlnit vreodată.

Limbajul oferă un cilindru în plus motorului creativ al mitului. Odată ce avem capacitatea de a descrie structura lucrurilor obişnuite – furtuni violente, arbori în flăcări, şerpi care se strecoară etc. – limbajul oferă de-a gata un Mr. Potato Head— narativ care ne permite să amestecăm şi să asociem în mod liber. Stânci uriaşe şi oameni care vorbesc sunt la numai un pas de amestecul lingvistic mult mai captivant de stânci care vorbesc şi oameni uriaşi. Limbajul eliberează capacitatea cognitivă de a imagina tot felul de combinaţii improvizate care ne duc la noutate.[50] Minţile care au dobândit această putere au fost minţi capabile să vadă vechile probleme într-un mod nou. Minţi capabile să inoveze. Minţi care, în timp, vor controla şi remodela lumea.

Teoria asupra minţii – tendinţa noastră înnăscută de a atribui o minte la tot ceea ce întâlnim şi care dă impresia că posedă voinţă – de asemenea alimentează vârtejul

creativ. La fel ca în discuţia anterioară asupra conştiinţei, atunci când întâlnim alţi oameni, chiar şi de la distanţă şi fără să interacţionăm direct, îi înzestrăm imediat cu minţi mai mult sau mai puţin asemănătoare cu a noastră. Din punctul de vedere al evoluţiei e un lucru bun. Alte minţi pot genera comportamente pe care e preferabil să le anticipăm. Acelaşi lucru e valabil pentru animale, aşa încât în mod instinctiv le atribuim şi lor intenţii şi dorinţe. Dar uneori, aşa cum au subliniat psihologul Justin Barrett şi antropologul Stewart Guthrie, exagerăm.[51] Din punctul de vedere al evoluţiei, şi acesta poate fi un lucru bun. A confunda de la distantă o tufă luminată de Lună cu un leu aşezat nu e mare scofală. A crede că zgomotul pe care tocmai l-ai auzit e o creangă în bătaia vântului, când de fapt e un leopard care se apropie, e fatal. Când atribuim voinţă naturii, e mai bine să exagerăm decât să subestimăm (până la un punct, fireşte), o lecţie pe care moleculele ADN de succes şi vehiculele povestitoare în care locuiesc au învătat-o foarte bine.

Cu decenii în urmă, în timpul uneia dintre rarele mele excursii cu cortul, a trebuit să petrec o scurtă perioadă singur în pădure. Echipat cu o prelată, un sac de dormit, trei chibrituri, un mic bidon, un pix şi un carnet de însemnări, m-am simţit mai singur decât fusesem vreodată. Nu eram pregătit nici practic, nici psihic. Am reuşit să improvizez un acoperiş jos agăţând prelata de nişte crengi bine alese,

dar am folosit toate chibriturile în prima încercare nereuşită de a aprinde focul. Pe măsură ce Soarele se apropia de asfinţit şi frica începuse să crească, am desfăcut sacul de dormit, m-am strecurat în el şi am privit prelata atârnând la mică distanţă deasupra feţei mele. Eram în pragul panicii. Pentru urechile mele obişnuite cu oraşul şi imaginaţia suprasolicitată, fiecare rafală de vânt şi fiecare scârţâit era un urs sau o puma. Nu aveam iluzii de eroism, dar fiecare secundă interminabilă îmi părea un rit de trecere prin care sfidam moartea. Am scos pixul şi am desenat doi ochi rotunzi, un nas pătat şi o gură strâmbă, cu colţurile uşor întoarse în sus; pix pe prelată nu e ideal, dar liniile albastre întrerupte şi plasticul încreţit au fost suficiente. Eram tot singur, dar nu o mai simţeam la fel de intens. Dacă fiecare dintre zgomotele nocturne ale pădurii era înzestrat cu o minte, la fel era şi desenul meu. Naufragiul meu a durat doar trei zile, dar am creat propriul Wilson—.

Evoluţia ne-a insuflat tendinţa de a ne imagina că împrejurimile sunt pline de lucruri care gândesc şi simt, uneori considerând că ele oferă sfat şi ajutor, dar cel mai adesea închipuindu-ne că urzesc şi plănuiesc, înşală şi trădează, atacă şi se răzbună. A dota în mod excesiv sunetele şi mişcările din lume cu minţi înclinate către primejdie şi distrugere îţi poate salva viaţa. A avea flexibilitatea cognitivă pentru a combina elementele realităţii în

poţiuni de fantastic poate sădi inovaţia. A împuternici protagonişti altminteri obişnuiţi cu însuşiri supranaturale surprinzătoare atrage atenţia şi înlesneşte transmiterea culturală. în combinaţie, aceste elemente explică genul de poveşti care au captivat imaginaţia strămoşilor noştri şi au oferit călăuzirea narativă pentru a naviga prin lumea ancestrală.

Cu timpul, cele mai persistente dintre aceste basme mitice vor fi germenii uneia dintre forţele cele mai transformatoare ale lumii: religia.

12.Citat din *Charlotte's Web (Pânza lui Charlotte),* roman pentru copii al scriitorului american Elwyn Brooks White (1899-1985). Povestea se petrece la o fermă din Mâine şi are ca subiect prietenia dintre un porc pe nume Wilbur şi păianjenul Charlotte (n. tr.).

13.Film din 1991 în regia lui Ridley Scott. Thelma (Geena Davis) şi Louise (Susan Sarandon) sunt două prietene care vor să evadeze din rutina cotidiană printr- un periplu rutier. Escapada lor capătă o turnură neaşteptată când Louise ucide un bărbat care ameninţa s- o violeze pe Thelma (n. tr.).

14.Rubrică de sfaturi fondată în 1956 de Pauline Phillips (1918-2013) sub pseudonimul Abigail (Abby) Van Buren, şi continuată în prezent de fiica ei, Jeanne Phillips. Din 1987, rubrica a fost publicată de peste 1.200 de ziare din SUA (n. tr.).

15.Personajul principal din romanul lui Franz Kafka *Procesul* (n. tr.).

16. *Kata,* în japoneză, „formă", este o succesiune riguros codificată de tehnici şi

mişcări, concepută pentru antrenamentul individual în artele marţiale (n. tr.).

17. Grup etnic din Sierra Leone (n. tr.).

18. Dl. Cap de Cartof, jucărie de plastic inventată de George Lerner în 1949; constă dintr-o formă de cartof căreia i se pot ataşa diverse componente: ochi, urechi, nas, pantofi, pălărie etc. (n. tr.).

19. Referire la filmul *Cast away (Naufragiatul),* din anul 2000, în regia lui Robert Zemeckis. Chuck Noland (Tom Hanks), un analist de sisteme, e în drum spre Malaezia când avionul său se prăbuşeşte în Pacific din cauza unei furtuni. Chuck ajunge pe o insulă nelocuită, unde supravieţuieşte timp de patru ani până când e salvat de un cargo. El desenează o faţă pe o minge de volei, o numeşte Wilson, şi începe să vorbească cu mingea, care-i va ţine tovărăşie pe tot timpul şederii sale pe insulă (n. tr.).

7.CREIERUL ŞI CREDINŢA

De la imaginaţie la sacru

îmi imaginez că atunci când vom lua în sfârşit legătura cu fiinţe inteligente extraterestre, şi ele vor relata o istorie plină cu încercări de a găsi semnificaţii. Viaţa capabilă să construiască telescoape, să făurească nave spaţiale, să se avânte în cosmos şi să-i asculte şoaptele este o viaţă care are capacitatea autoreflecţiei. Odată cu maturizarea inteligenţei, acelaşi impuls de a explora şi a înţelege se manifestă ca un imbold de a atribui semnificaţie experienţei. Răspunde la suficiente întrebări „cum”, iar întrebările „de ce” urmează rapid. Aici, pe Pământ, supravieţuirea i-a obligat pe primii noştri semeni să fie tehnicieni. Ei au trebuit să înveţe să prelucreze piatra, bronzul şi fierul. Au trebuit să stăpânească tehnicile vânătorii, culesului şi agriculturii. Dar, în timp ce se ocupau cu necesităţile esenţiale ale supravieţuirii, strămoşii noştri s-au luptat cu aceleaşi întrebări ca noi – întrebări despre origine, semnificaţie şi scop. A supravieţui înseamnă a porni să investighezi de ce supravieţuirea contează. Tehnicienii devin în mod inevitabil filozofi. Sau oameni de ştiinţă. Sau teologi. Sau scriitori. Sau compozitori. Sau muzicieni. Sau artişti.

Sau poeţi. Sau adepţi ai miilor de variaţiuni şi combinaţii ale unor sisteme de gândire şi expresii creative care promit răspunsuri la întrebările care ne rod pe dinăuntru mult timp după ce stomacurile noastre sunt pline.

Aşa cum reiese limpede din poveştile şi miturile noastre durabile, întrebările cele mai persistente sunt cele existenţiale. Cum a început lumea? Cum se va sfârşi? Cum se poate ca acum să fim aici, iar peste o clipă să fim duşi? Unde ne ducem? Ce alte lumi mai pot exista?

Imaginând alte lumi

Cu aproximativ o sută de mii de ani în urmă, în regiunea Galileea Inferioară din actualul Israel, un copil de patru sau cinci ani, care poate se juca liniştit, sau poate făcea vreo poznă, a suferit o lovitură traumatică la cap. Sexul copilului nu e cunoscut, dar să ne imaginăm că era o fetiţă. Cauza rănii e de asemenea obscură. S-a rostogolit pe un povârniş bolovănos, a căzut dintr-un copac, a primit o pedeapsă excesivă? Ce ştim este că impactul i-a străpuns partea dreaptă din faţă a craniului, provocându-i o leziune a creierului pe care a suportat-o până la doisprezece sau treisprezece ani, când a murit. Faptele au fost deduse din rămăşiţele scheletice găsite la Qafzeh, unul dintre cele mai vechi locuri de înhumare, a cărui excavare a început în anii 1930. Deşi rămăşiţele altor douăzeci

şi şase de oameni au fost găsite în acel loc, mormântul fetitei e deosebit. Coamele a doi cerbi i-au fost aşezate pe piept, cu unul din capete în palmă, un aranjament care, potrivit cercetătorilor, e dovada unui ceremonial de înmormântare. Coarnele ar putea fi doar un ornament neintenţionat? Posibil. Dar e uşor să urmărim raţionamentul echipei de cercetători şi să ne imaginăm că Qafzeh 11, cum e numit copilul, a fost aşezat în mormânt printr-un ritual săvârşit în urmă cu o sută de milenii de oameni preistorici care reflectau asupra morţii, străduindu- se să-i înţeleagă sensul şi, eventual, gândindu-se la ce ar putea să urmeze.[1]

Deşi concluziile asupra unor evenimente atât de îndepărtate în timp sunt cu siguranţă incerte, excavaţiile unor morminte din epoci ulterioare fac interpretarea şi mai plauzibilă. în 1955, în satul Dobrogo, la aproximativ două sute de kilometri nord-est de Moscova, Alexander Nacharov manevra un excavator pentru Atelierul de Ceramică Vladimir, când a observat că în lutul maro-gălbui pe care-l scosese erau amestecate oase. Ele s-au dovedit a fi primele dintr-un număr mare care vor fi dezgropate în următoarele decenii la Sunghir, unul dintre cele mai renumite locuri de înhumare din paleolitic. Unul dintre morminte atrage în mod special atenţia: un băiat şi o fată, în vârstă de aproximativ zece şi doisprezece ani atunci când au murit, au fost îngropaţi cu capetele unul

lângă altul în ceea ce pare o contopire eternă a două minţi tinere. îngropaţi în urmă cu mai bine de treizeci de mii de ani, rămăşiţele lor sunt împodobite cu una dintre cele mai sofisticate colecţii de bunuri funerare descoperite vreodată. Podoabe pentru cap din dinţi de vulpe polară, brăţări de fildeş, peste o duzină de vârfuri de suliţă din fildeş, discuri de fildeş perforate şi – aducând un zâmbet fanilor lui Liberace— – mai mult de zece mii de mărgele de fildeş cioplite, care probabil au fost cusute în veşmântul funerar al copiilor. Cercetătorii au estimat că în ritmul furibund de o sută de ore pe săptămână, un artizan ar fi avut nevoie de peste un an pentru a făuri aceste podoabe.[2] Investiţia oferă cel puţin un indiciu puternic că înmormântările rituale au fost parte a unei strategii de a transcende caracterul final al morţii. Corpul încetează să mai existe, dar o anumită însuşire vitală, ce poate fi amplificată, conciliată, onorată sau gratificată cu ajutorul unor accesorii funerare elaborate, se va perpetua.

Antropologul din secolul XIX Edward Burnett Tylor a susţinut că visele au reprezentat o influenţă persuasivă care i-a condus pe primii oameni chiar la această concluzie.[3] Ne putem foarte bine imagina că escapadele nocturne, de la ciudate la extravagante, vor fi oferit un indiciu persistent al unei lumi invizibile pentru ochii deschişi. Indiferent că te simţi reconfortat sau înspăimântat, a te trezi

dintr-o întâlnire cu un prieten sau o rudă decedată înseamnă a rămâne cu sentimentul că aceştia există în continuare. Nu aşa cum au existat odinioară. Şi evident nu aici. Dar într-un mod eteric ei sunt aproape. Relatările scrise, deşi disponibile doar mult mai târziu, susţin această speculaţie prin numeroase exemple de vise care oferă ferestre către realităţi nevăzute. Vechii sumerieni şi egipteni au interpretat visele ca ordine ale divinităţii; pretutindeni în Vechiul şi Noul Testament, voinţa divină e frecvent revelată prin mijlocirea viselor. Iar în epoca modernă, studii asupra unor societăţi de vânători izolate precum aborigenii australieni dezvăluie rolul esenţial al Vremii Visului, un tărâm etern de unde întreaga viaţă provine şi unde întreaga viaţă se va întoarce. Stări de transă onirică sunt de asemenea comune unui număr de tradiţii care se angajează în ritualuri animate de muzică de percuţie şi dansuri extenuante, ce pot să dureze ore în şir şi să inducă reverii hipnotice despre care participanţii au spus că i-au transportat în planuri distincte ale realităţii.[4]

Nici în orele de veghe nu vor fi lipsit episoadele sugerând o realitate aflată dincolo de vizibil: forţe puternice active pe Pământ şi în ceruri; întâmplări capricioase ale existenţei cotidiene; pericole frecvente care ameninţau viaţa sau îi puneau capăt. Succesul evolutiv într-un cadru social a predispus creierul să atribuie experienţe

comune acţiunilor semenilor. Când lovea trăsnetul, veneau inundaţiile sau se cutremura pământul, am continuat să ne închipuim că o fiinţă gânditoare era responsabilă. Confruntaţi cu toate acestea, ne putem imagina că strămoşii noştri recunoşteau implicit limitele influenţei lor într-o lume incertă, iar ca răspuns invocau personaje locuind un tărâm invizibil şi care stăpâneau acele puteri care lor le lipseau.

Involuntar sau nu, a fost un răspuns spectaculos de inteligent. El ne-a permis să creăm poveşti coerente din evenimente altminteri aleatorii: să imaginăm tărâmuri nevăzute populate cu personaje familiare sau inventate. Să furnizăm nume şi chipuri, reale sau fantastice, care supraveghează îndeaproape ceea ce facem şi exercită controlul ultim asupra destinului nostru. Să redefinim mortalitatea ca o poartă traversată de Qafzeh 11, de cele două duzini de tovarăşi de peşteră ai săi, precum şi de generaţii de strămoşi, în drum spre lumile acestea invizibile, dar dominante. Să le spunem şi respunem poveştile, iar odată cu aceste naraţiuni să invocăm personalităţile, slăbiciunile, ranchiunele, invidiile şi tot felul de conduite umane etalate în lumi apropiate pentru a explica întâmplările altminteri inexplicabile din lumea noastră.

Străvechile noastre incursiuni artistice oferă indicii suplimentare ale unor preocupări extramundane. Pe pereţi de piatră din întreaga lume exploratorii au

descoperit zeci de mii de imagini pictate, unele dintre ele datând de peste patruzeci de mii de ani. Ele dezvăluie o întreagă menajerie, de la leu şi rinocer la hibrizi ingenioşi incluzând combinaţii între femeie şi cerb sau bărbat şi pasăre. Forma umană capătă un rol secundar, deseori executată ca o schiţă rudimentară, în cazul în care apare. Colecţiile de amprente ale mâinilor omeneşti abundă, reprezentate ca suprapuneri haotice ale unor contururi desenate a căror semnificaţie o putem doar ghici – străduinţa de a atinge un alt tărâm, năzuinţa de a dobândi durabilitatea aparent infinită a pietrei, imprimarea unei ornamentaţii exuberante, versiuni timpurii ale lui „Kilroy a fost aici”—? Intenţiile dispar şi adesea rămâne doar să ne întrebăm. Şi, făcând-o, recunoaştem în vrăjitorul care dansează şi în bizonul muribund cele dintâi eforturi ale unei forte creatoare asemănătoare cu a noastră. Privind

*

dincolo de suprafaţa pietrei, întrezărim propriul nostru chip.

E deopotrivă emoţionant şi înşelător. Tentaţia întâlnirii cu vechile noastre rubedenii culturale ne poate face să atribuim o semnificaţie necuvenită creaţiilor lor. Poate că arta rupestră nu reprezintă decât mâzgălelile fără sens ale minţii conştiente aflate la începuturile sale. Sau, într-o descriere mai elevată, poate că arta rupestră demonstrează un vechi imbold estetic, ceea ce unii au numit

„artă pentru artă”.[5] A infera ce i-a inspirat pe oamenii care au trăit în urmă cu sute de secole e o întreprindere riscantă, de aceea e recomandabil să nu întrecem măsura. Dar, dacă ţinem seama de efortul necesar pentru a atinge cel puţin unele dintre aceste locuri – arheologul David Lewis-Williams spune că exploratorii de acum, şi probabil artiştii rupeştri de atunci, „s-au ghemuit şi s-au târât de-a lungul unui coridor subteran îngust, prin beznă totală, mai mult de un kilometru, au alunecat pe lângă maluri noroioase şi au străbătut cu greu lacuri întunecate şi râuri ascunse”[6] –, explicaţia „artă pentru artă” pare mai puţin plauzibilă. Chiar şi aceia dintre strămoşii noştri îndepărtaţi care aveau înclinaţii boeme deosebit de puternice probabil că ar fi ales moduri mai uşoare de a-şi satisface un imbold pur artistic.

Prin urmare, poate că precursorii noştri artistici îndeplineau ceremonii magice care să asigure succesul la vânătoare, o idee promovată la începutul secolului XX de arheologul Salomon Reinach.[7] Ce contează un pic de speologie şi de pictură dacă poate să asigure o cină delicioasă şi necesară?[8] Sau, aşa cum a sugerat Lewis-Williams dezvoltând idei discutate de istoricul religiilor Mircea Eliade, poate că arta rupestră derivă din călătoriile mentale şamanice. Pe măsură ce naraţiunile mitice şi-au sporit publicul, şamanii – conducători spirituali care au dobândit notorietate convingându-i pe

alţii, şi poate că şi pe ei înşişi, de capacitatea lor de a călători către tărâmuri nevăzute ale unor realităţi apropiate – au devenit intermediari între lumea aceasta şi cea de apoi. Inspiraţia pentru picturile paleolitice o puteau constitui viziunile din timpul transelor trăite de şamanii care negociau cu personaje mitologice sau serveau drept intermediari ai unor animale imaginare.

Similitudini frapante între compoziţii separate de continente şi milenii par să indice o explicaţie cuprinzătoare unică pentru arta rupestră. Dar, chiar dacă această perspectivă e prea ambiţioasă, există o caracteristică de care arheologul Benjamin Smith e absolut convins: „Peşterile nu erau simple «canavale». Erau locuri unde se săvârşeau ritualuri, unde oamenii comunicau cu spirite şi strămoşi sălăşluind pe alt tărâm, erau locuri încărcate cu semnificaţie şi rezonanţă.”[9] Potrivit lui Smith şi multor altor cercetători cu idei similare, precursorii noştri erau profund convinşi că prin artă şi ritual pot influenţa forţele spirituale. în pofida acestei concluzii încrezătoare, când privim în urmă cu douăzeci şi cinci, cincizeci, poate chiar o sută de mii de ani, detaliile sunt vagi, de aceea e improbabil că vom şti vreodată cu siguranţă ce i-a motivat pe străbunii noştri îndepărtaţi. Dar chiar şi aşa, o imagine consecventă, fie ea şi speculativă, se impune atenţiei. îi vedem pe strămoşii noştri participând la ceremonii de

înmormântare, despărţiri ritualizate la plecarea spre alte lumi; creând o artă care imaginează realităţi ce transcend experienţa; povestind naraţiuni mitice care invocă spirite puternice, nemurirea şi viaţa de apoi – pe scurt, firele a ceea ce generaţiile ulterioare vor numi religie se unesc, şi nu e greu să vedem inclusă în împletitură recunoaşterea nepermanenţei vieţii.

Rădăcinile evolutive ale religiei

Putem transforma mugurii religiozităţii ancestrale într-o explicaţie pentru adoptarea pe scară largă a practicii religioase în întreaga lume? Adepţii ştiinţei cognitive a religiilor precum Pascal Boyer susţin că da. Chiar şi în cel mai larg spectru al angajamentului religios, sugerează el, există o bază evolutivă aplicabilă în mod uniform:

> Explicaţia credinţelor şi a comportamentelor religioase se găseşte în modul în care funcţionează toate minţile omeneşti. Şi mă refer într-adevăr la toate minţile omeneşti, nu doar la cele ale oamenilor religioşi [...], fiindcă ceea ce contează aici sunt acele proprietăţi mentale care se regăsesc la toţi membrii speciei noastre cu creier normal.[10]

Teza este că trăsăturile inerente creierului uman, modelate de-a lungul eonilor de permanenta bătălie pentru

supremaţie evolutivă, ne predispun la convingeri religioase. Nu înseamnă că ar exista gene pentru zei sau dendrite cucernice. Boyer se bazează pe o înţelegere a creierului dezvoltată în ultimele decenii de oameni cognitivişti şi psihologi evoluţionişti care rafinează metafora familiară a minţii ca un calculator. în loc să compare creierul cu un calculator bun la toate, gata pentru orice programare dobândită prin experienţă, creierul e asemuit cu un calculator specializat, configurat cu programul conceput de selecţia naturală pentru a spori şansele de supravieţuire şi reproducere ale strămoşilor noştri.[11] Aceste programe susţin ceea ce Boyer numeşte „sisteme inferenţiale”, procese neurale specializate pentru a răspunde la tipurile de provocări – de la aruncarea suliţei la curtarea perechii şi stabilirea de alianţe – care au determinat ale cui gene vor migra cu succes în runda următoare, şi ale cui nu. Teza centrală a lui Boyer e că aceste sisteme inferenţiale sunt lesne cooptate de calităţile intrinseci ale religiei.

Am întâlnit deja un asemenea sistem inferenţial: teoria noastră asupra minţii, prin care atribuim tipul de voinţă pe care îl percepem în interiorul nostru unor entităţi pe care le întâlnim în lumea exterioară. Tendinţa benefică din punct de vedere adaptiv de a exagera în atribuirea unei astfel de voinţe explică de ce ne imaginăm cu atâta uşurinţă că

împrejurimile noastre – sub pământ sau în cer – sunt locuite de minţi atente. Alte sisteme inferenţiale includ

* , înţelegerea intuitivă a psihologiei şi a fizicii: chiar şi fără o instruire formală, toţi posedăm cunoştinţe de bază despre capacităţile minţilor şi ale corpurilor. Asociati acestor sisteme inferenţiale atracţia noastră pentru concepte minimal contraintuitive (să ne reamintim că acestea sunt concepte care încalcă doar puţine din aşteptările noastre intuitive) şi nu mai e nici un mister de ce ne pasionează noţiuni precum spiritele şi zeii (agenţi dotaţi cu minţi de tip uman, dar care încalcă intuiţia în privinţa corporalităţii şi a puterilor, atât psihologice, cât şi fizice). Creierul normal posedă de asemenea sisteme inferenţiale sociale care, de exemplu, se interesează de relaţii, asigurând că purtătorul e tratat corect. Dacă eu fac ceva pentru tine, şi tu va trebui să faci ceva pentru mine, şi să fie clar că ţin evidenţa. Această varietate reciprocă de altruism ar putea fi sursa naturii tranzacţionale a relaţiei pe care o au îndeobşte credincioşii cu fiinţele supranaturale care populează tradiţiile religioase: eu voi sacrifica, mă voi ruga, voi face bine, dar în vremuri grele tu mă vei ajuta. Reversul este că, dacă se întâmplă lucruri rele, cu prea multă uşurinţă dăm vina pe insuccesul nostru individual sau colectiv de a satisface aşteptările divine.

în cartea sa *Religion Explained,* Boyer dezvoltă complet aceste idei; alţi

cercetători au elaborat variaţiuni pe teme similare.[12] Dar schiţa mea transmite esenţa acestei abordări: evoluţia creierului a fost modelată de bătălia pentru supravieţuire, iar creierul victorios care a rezultat are calităţi care adoptă religia cu braţele deschise. Este un exemplu pentru ceea ce am numit pachet de tranzacţii evolutiv. Predilecţia pentru credinţa religioasă poate că nu are ea însăşi o valoare adaptivă, dar vine la pachet cu o suită de alte calităţi ale creierului care *au fost* selectate datorită funcţiilor lor adaptive. Ceea ce nu înseamnă că suntem cu toţii religioşi, aşa cum preferinţa pentru dulce, selectată natural, nu înseamnă că toţi ne dăm în vânt după gogoşile cu glazură. înseamnă doar că sistemele inferenţiale ale creierului sunt extrem de sensibile la genul de caracteristici care se manifestă în religiile lumii, într-adevăr, această rezonanţă e motivul pentru care asemenea caracteristici au persistat în religiile lumii. Fie că sunt fantome sau zei, demoni sau diavoli, sfinţi sau suflete, fanteziile religioase sunt dirijori virtuozi ai evoluţiei mintii umane. Suntem atenti la ele, acţionăm în conformitate cu ele, le promulgăm, astfel încât se răspândesc pe scară largă.[13]

Atâta tot? Supravieţuirea celui mai apt ne-a dotat minţile, iar minţilor apte li se inculcă cu uşurinţă o sensibilitate religioasă? Cum rămâne cu rolul pe care presupunem că l-a jucat (iar pentru mulţi

continuă să-l joace) religia de a explica ceea ce pare inexplicabil, de la originile vieţii şi ale universului până la semnificaţia morţii? Boyer şi mulţi alţii care susţin perspective similare nu neagă rolul religiei în abordarea acestor chestiuni, dar ei afirmă că asemenea considerente sunt insuficiente pentru a explica de ce a apărut religia şi de ce are trăsăturile pe care le are. Aspectul de care nu se ţine seama în privinţa religiei este mintea umană, iar fără o concentrare în primul rând asupra naturii evoluate a mintii omitem forţa dominantă.

Argumentul dezvoltat de Boyer şi alţi cercetători e convingător şi pătrunzător. Dar, aşa cum se întâmplă cu toate teoretizările în arena spectaculos de complexă a creierului, minţii şi culturii, e greu să se ajungă la concluzii care să convingă toate minţile moderne, sau măcar acele minţi care reflectează în profunzime asupra acestor probleme. în plus, chiar dacă ştiinţa cognitivă a religiei reuşeşte să demonstreze că avem o susceptibilitate inerentă la gândirea religioasă, rămâne suficient loc pentru ca religia să fie mai mult decât un apendice evolutiv, mai mult decât un simplu produs secundar al unor adaptări cognitive anterioare. Aşa cum au arătat alţi cercetători, poate că religia e omniprezentă fiindcă şi-a adus propria contribuţie la aptitudinile noastre adaptive.

Sacrificiul pentru echipă

Odată cu creşterea mărimii clanurilor lor, triburile de vânători-culegători s-au confruntat cu o problemă critică. Cum asiguri cooperarea şi loialitatea în rândurile unui număr tot mai mare de indivizi? Pentru grupurile consanguine, o idee formulată iniţial de Darwin şi dezvoltată în deceniile următoare de oameni de ştiinţă celebri, între care Ronald Fisher, J.B.S. Haldane şi W.D. Hamilton, sugerează că evoluţia prin selecţie naturală rezolvă problema fără nici un efort.[14] Sunt loial fraţilor şi surorilor mele, copiilor mei şi altor rude apropiate fiindcă avem în comun o mare parte a genelor noastre. Salvând-o pe sora mea de atacul unui elefant, cresc probabilitatea ca segmente genetice identice cu ale mele să persiste şi să fie transmise generaţiilor următoare. Nu-i nevoie să ştiu asta. Iar în timpul isprăvii mele cavalereşti, cu siguranţă nu calculez abundentele relative din viitorul bazin genetic. Dar, potrivit logicii darwiniste standard, înclinaţia mea instinctivă de a-mi proteja rudele, şi chiar de a mă sacrifica pentru grupuri de rude, va fi selectată natural, contribuind la perpetuarea acestui comportament la descendenţii care împărtăşesc un procentaj semnificativ din profilul meu genetic. Raţionamentul e simplu, dar se pune întrebarea: Când grupurile depăşesc graniţele rudeniei, mai există vreo

momeală genetică pentru a incita la cooperare?

Dacă ar exista o modalitate de a mă face să cred, sau cel puţin să acţionez ca şi cum membrii grupului mai mare ar aparţine familiei mele extinse, problema s-ar putea rezolva. Dar care să fie acea modalitate? Am văzut că poveştile, ameliorându-ne înţelegerea altor minţi, au putut înlesni viaţa în comun. Unii cercetători, precum biologul evoluţionist David Sloan Wilson, dezvoltând idei susţinute în pragul secolului XX de sociologul Emile Durkheim, duc acest rol adaptiv mult mai departe.[15] Religia *e* poveste, îmbogăţită prin doctrine, ritualuri, obiceiuri, simboluri, artă şi standarde de comportament. Conferind o aură de sacralitate unui ansamblu de asemenea activităţi şi stabilind o loialitate afectivă în rândurile celor care le practică, religia extinde clubul rudeniei. Religia oferă calitatea de membru unor indivizi neînrudiţi, care astfel se simt parte a unui grup cu legături puternice. Chiar dacă suprapunerea noastră genetică e minimă, suntem predispuşi să lucrăm împreună şi să ne protejăm unii pe alţii graţie ataşamentului nostru religios.

O astfel de cooperare contează. Chiar foarte mult. După cum am văzut, oamenii au prosperat nu în mică măsură fiindcă specia noastră are capacitatea de a-şi uni forţele fizice şi intelectul, de a trăi şi a munci în grupuri, de a împărţi responsabilităţile şi a satisface eficient

nevoile comunităţii. Coeziunea socială mai mare a membrilor unui grup legat prin religie i-a transformat într-o forţă formidabilă în lumea ancestrală şi, potrivit acestui raţionament, a asigurat afilierii religioase un rol adaptiv.

Este o perspectivă care a generat decenii de dezbateri. Unii cercetători îşi pun mâinile în cap ori de câte ori coeziunea de grup e invocată ca explicaţie evolutivă, văzând în aceasta o soluţie răsuflată pentru explicarea unor presupuse comportamente prosociale a căror valoare adaptivă s-a dovedit de altfel iluzorie.[16] Mai mult, valoarea adaptivă a cooperării este ea însăşi o chestiune complexă: în orice grup de indivizi care cooperează, membrii egoişti pot abuza de sistem. Profitând de bunăvoinţa tovarăşilor lor, indivizii egoişti pot obţine o cotă nemeritată din resurse, sporindu-şi astfel în mod incorect şansele de supravieţuire şi reproducere. Prin transmiterea tendinţelor egoiste, descendenţii lor vor tinde să facă la fel, ducându-i cu timpul la extincţie pe camarazii lor încrezători, cu tot cu sensibilităţile lor religioase. S-a terminat cu succesul adaptiv al religiei.

Adepţii bazei religioase a coeziunii sociale recunosc problema, dar subliniază că e numai jumătate din poveste. În limitele unui grup izolat de membri care cooperează, egoiştii infiltraţi vor câştiga cu siguranţă. Dar grupurile de interese – vânători-culegători în Pleistocen – nu erau

izolate. Ele interacţionau. Luptau. Iar potrivit unei interpretări a datelor arheologice, bătăliile lor erau mortale. Un ansamblu de membri care cooperează, fiecare dedicat bunăstării grupului, se va descurca mai bine. Darwin spunea: „Când două triburi de oameni primitivi, trăind în acelaşi ţinut, intrau în competiţie, dacă unul din triburi (toate celelalte condiţii fiind egale) includea un număr mare de membri curajoşi, altruişti şi loiali, întotdeauna gata să se avertizeze reciproc de pericole, să se ajute şi să se apere reciproc, tribul acesta avea mai mult succes şi îl cucerea pe celălalt.”[17] în plus, cei al căror serviciu a fost inspirat de devoţiunea pentru strămoşii răposaţi sau pentru nişte divinităţi vigilente vor fi fost încă şi mai demni de încredere şi mai fervenţi în angajamentul lor faţă de cauză.[18] în consecinţă, pentru a determina care trăsături vor predomina în bazinul genetic, trebuie să ţinem seama nu numai de dinamica intragrupală, care favorizează egoismul, ci şi de dinamica intergrupală, care favorizează cooperarea. Dacă presupunem că de-a lungul multor mii de generaţii succesul dinamicii intergrupale a dominat calculele pentru supravieţuire, devotamentul faţă de grup va avea câştig de cauză, iar coeziunea socială oferită de religie va triumfa.

Victoria astfel imaginată rămâne incertă fiindcă depinde de acea presupunere – ascendentul forţelor dintre grupuri faţă de cele din interiorul grupului –, şi nu toţi

sunt convinşi că ea oferă un portret riguros al vieţii şi al morţii pe toată durata trecutului nostru de vânători-culegători. în curaj ându-i şi mai mult pe sceptici, comportamentul cooperant poate fi explicat şi pe baza unor considerente mai practice: matematica teoriei jocurilor. între extremele comportamentelor egoist şi altruist, există nenumărate strategii pe care le poate urma un membru individual al grupului. Poate că înclin spre altruism, dar, dacă mă superi de prea multe ori, latura mea egoistă se va răzbuna. Poate că odată ce mi-am pierdut încrederea în tine, nu-ţi voi mai da o altă şansă – sau poate, dacă-mi faci câteva favoruri, îţi voi oferi ocazia s-o recâştigi. Şi aşa mai departe. Ce se întâmplă într-un grup numeros, populat cu adepţi ai unei game largi de strategii? Ei bine, strategii de cooperare diferite conferă valori de supravieţuire diferite, aşa încât de-a lungul generaţiilor vor fi ele însele supuse selecţiei darwiniste. Folosind analize matematice şi simulări pe calculator, cercetătorii au confruntat între ele diverse strategii şi au constatat că una anume – „Voi face ceva bun pentru tine atâta timp cât şi tu vei face ceva bun pentru mine în schimb, dar încearcă să mă înşeli şi mă voi răzbuna numaidecât” – triumfă cu siguranţă asupra altor variante, inclusiv cele mult mai egoiste. Analiza teoretică sugerează aşadar că o cooperare condiţionată de tipul acesta ajută supravieţuirea.[19] Pentru detractori,

aceasta demonstrează că cooperarea poate să apară în mod organic şi să se răspândească prin intermediul selecţiei naturale, fără a fi nevoie ca participanţii să aibă o credinţă religioasă comună.

După decenii de dispute, unii cercetători pretind acum că aceste controverse au fost în fine rezolvate. Dar întrucât asemenea evaluări au fost publicate de adepţi din ambele tabere, considerarea religiei drept adeziv social care a promovat supravieţuirea în Pleistocen încă n-a obţinut consensul. E o problemă complexă. Reunind între alte calităţi seducătoare farmecul poveştilor, tendinţa de a atribui voinţă diverselor entităţi, consolarea ritualului, apetitul pentru explicaţie, siguranţa comunităţii şi atracţia cognitivă exercitată de ceea ce contravine aşteptărilor, religia e un construct uman bogat şi complex a cărui geneză datează din timpuri atât de îndepărtate, încât datele consistente, de la practici străvechi la conflicte între grupuri, sunt rare. Fără îndoială că dezbaterea va continua.

Nu-i însă exclus şi ca, în evaluarea posibilei funcţii adaptive a religiei, discuţia despre coeziunea grupului să omită ceva esenţial. Unii cercetători au sugerat că impactul adaptiv al religiei se manifestă mai direct la nivelul individului.

Adaptare individuală şi religie

Discutând despre originea limbajului, una

dintre propunerile analizate prezenta rolul bârfei în menţinerea ierarhiilor şi promovarea alianţelor. Oricât de frivole pot părea asemenea conversaţii în epoca modernă, psihologul Jesse Bering plasează bârfa în centrul rolului adaptiv al religiei în trecut, înainte ca noi să fi dobândit capacitatea de a vorbi, un ticălos din mijlocul nostru se putea comporta inadecvat – furând hrană, împrumutând partenere sexuale, sustrăgându-se de la vânătoare –, dar dacă martorii infracţiunii erau puţini la număr şi cu un statut inferior, vinovatul putea scăpa basma curată. Odată cu înstăpânirea limbajului, lucrurile s-au schimbat. O singură infracţiune amplu comentată era suficientă pentru ca reputaţia vinovatului să aibă de suferit, iar ocaziile de a recidiva se reduceau drastic. Conform lui Bering, dacă un potenţial infractor îşi imaginează că întotdeauna există un martor puternic – pândind în vânt, în copaci sau în cer – e mai puţin probabil ca el să încalce legea, mai puţin probabil să dea prilej de bârfă, mai puţin probabil să devină un proscris social. Prin urmare, e mai probabil să aibă urmaşi şi să-şi transmită instinctul fricii de zei. O predispoziţie pentru religie îi protejează filiaţia genetică, iar astfel se autoperpetuează.[20]

Dovezi în sprijinul acestei ipoteze provin din experimentele efectuate de Bering în care unor copii li se încredinţează o sarcină dificilă, după care

sunt lăsaţi s-o ducă singuri la îndeplinire. în absenţa supravegherii, cercetătorii au constatat ceea ce era de aşteptat. Mulţi copii vor trişa. Totuşi, acei copii cărora li se spune că în cameră există un martor invizibil, o prezenţă prietenoasă, dar foarte atentă, e mult mai probabil să respecte regulile. Asta e valabil chiar şi pentru copiii care afirmă că nu cred în existenţa unei fiinţe invizibile. Concluzia lui Bering e că mintea tânără, despre care susţine în mod plauzibil că oferă indicii mai utile despre natura noastră umană inerentă decât minţile mature, care au fost supuse unei mai mari influenţe culturale, e predispusă să acţioneze în conformitate cu o prezenţă invizibilă ce urmăreşte permanent comportamentul. în vremurile îndepărtate, această înclinaţie a încurajat comportamentul prosocial care a protejat reputaţii, a sporit ocaziile de reproducere, iar astfel a răspândit şi mai mult înclinaţia însăşi – o înclinaţie către sensibilitatea religioasă.

Specialişti în psihologia socială experimentală care au dezvoltat timp de decenii viziunea lui Ernest Becker, a cărui carte *Denial of Death* a constituit punctul nostru de plecare în capitolul 1, au atribuit religiei un rol adaptiv diferit. Spaima de a şti că vom muri, susţin aceşti cercetători, „i-ar fi transformat pe strămoşii noştri în grămezi tremurătoare de protoplasmă biologică menite a cădea grabnic în uitare”.[21] Ceea ce ne-a salvat, sugerează ei, a fost promisiunea unei vieţi

dincolo de moartea fizică, la propriu sau doar la figurat. Becker însuşi a arătat convingător că abordarea conştiinţei mortalităţii prin invocarea supranaturalului a fost o inovaţie umană sublimă. Pentru a alina suferinţa efemerităţii e nevoie de un paliativ necondiţionat şi cu durabilitate nelimitată, ceva imposibil de obţinut în lumea reală a lucrurilor materiale.

Fără îndoială, e greu să ni-i imaginăm pe robuştii noştri strămoşi strânşi laolaltă în savană într-o stare de paralizie indusă de anxietate. Şi totuşi, prin experimente psihosociale ingenioase, cercetătorii au demonstrat că până şi în epoca modernă suntem afectaţi de conştiinţa mortalităţii, chiar dacă nu ne dăm seama. într-un astfel de experiment, unor judecători din Arizona li s-a dat sarcina să propună o amendă inculpaţilor acuzaţi de un delict. în instrucţiunile scrise primite de judecători, care includeau un chestionar standard privind profilul personalităţii, la jumătate dintre ei li s-au pus două întrebări suplimentare care presupuneau reflecţia asupra propriei mortalităţi (de exemplu: „Ce emoţii îţi provoacă gândul propriei tale morţi?”). Cercetătorii au anticipat că, deoarece legislaţia face parte din efortul concertat al societăţii de a-şi impune controlul asupra unei realităţi altminteri anarhice – oferind un bastion împotriva pericolelor care pândesc imediat dincolo de graniţele civilizaţiei –, acei judecători cărora li se reamintise

pericolul ultim, propriul lor deces, vor aplica statutele legale cu mai multă fermitate. Predictiile au fost corecte. Dar chiar şi cercetătorilor li s-a părut remarcabilă disparitatea dintre amenzile recomandate de cele două grupuri de judecători. în medie, amenzile propuse de judecătorii cărora li s-a reamintit mortalitatea erau de *nouă* ori mai mari decât ale grupului de control.[22]

Aşa cum subliniază cercetătorii, dacă nişte minţi juridice riguros antrenate şi îmbibate de standardele unei obiectivităţi imparţiale pot fi atât de afectate de o mică lumină conştientă suplimentară aruncată asupra mortalităţii, trebuie să ne gândim de două ori înainte de a respinge o influenţă similară, dar la fel de tainică, ce acţionează în fiecare dintre noi. într-adevăr, sute de studii ulterioare (variind subiectul, ţara de origine, sarcina propusă, maniera în care e stimulată conştiinţa mortalităţii etc.) au demonstrat că asemenea influenţe pot fi măsurate şi se manifestă pe scară largă, de la cabina de vot la prejudecata xenofobă, expresia creativă şi afilierea religioasă.[23] Becker a susţinut, iar aceste studii o confirmă, că cultura a evoluat în parte pentru a atenua efectele potenţial debilitante care altfel ar însoţi conştiinţa mortalităţii. Din această perspectivă, dacă desconsideri o asemenea posibilitate este deoarece cultura îşi face datoria.

Pascal Boyer, cu care am început discuţia despre rădăcinile evolutive ale

religiei, respinge acest rol al religiei, observând că „o lume religioasă e adesea la fel de terifiantă ca o lume fără prezenţe supranaturale, iar multe religii creează nu atât siguranţă, cât o perdea groasă de pesimism”.[24] Dar, în loc să zgâlţâie un sac cu oase, în spiritul spuselor lui Becker, şi departe de a arunca umbre întunecate asupra adepţilor săi devotaţi, ca în viziunea lui Boyer, sensibilitatea religioasă a putut oferi un beneficiu mai modest unui pacient mai puţin demoralizat. Poate că vechile activităţi religioase au aruncat o lumină mai blândă asupra morţii şi au plasat experienţa cotidiană într-o naraţiune mai durabilă – consecinţă benefică a experienţei religioase despre care William James a spus că oferă „o promisiune de siguranţă şi o fire paşnică”, insuflând totodată „un nou avânt care se adaugă vieţii asemenea unui dar şi ia forma fascinaţiei lirice sau a atracţiei pentru fervoare şi eroism”.[25]

Evident, încă nu există un consens în privinţa originilor religiei, nici a persistenţei sale tenace. Şi nu din lipsă de idei: atribut al creierului dobândit prin selecţie naturală, promovarea coeziunii grupului, calmarea anxietăţii existenţiale, protejarea reputaţiilor şi a ocaziilor de reproducere. Poate că datele istorice nu sunt de ajuns pentru a ajunge vreodată la o soluţie definitivă; poate că religia joacă roluri prea variate pentru a fi subsumate unor explicaţii atotcuprinzătoare. Eu cred în relevanţa religiei pentru singulara

noastră recunoaştere a finitudinii vieţii; Stephen Jay Gould spunea: „Un creier mare ne-a permis să aflăm [...] inevitabilitatea mortalităţii noastre personale”[26] şi „întreaga religie a început cu conştientizarea morţii”.[27] Dacă ulterior religia s-a impus fiindcă a transformat acea conştiinţă într-un avantaj adaptiv este o cu totul altă problemă.

Minunata ordine a creierului îi permite să genereze din plin gânduri şi acţiuni, unele în legătură directă cu supravieţuirea, altele nu. într- adevăr, această capacitate, repertoriul nostru comportamental extins, oferă baza pentru diversitatea libertăţii umane despre care am discutat în capitolul 5. E incontestabil că prin intermediul acestor acţiuni am păstrat statornic religia cu noi, dezvoltând-o de-a lungul mileniilor în instituţii a căror influenţă se extinde asupra întregii planete.

O schiţă a rădăcinilor religiei

în primul mileniu î.Cr., în India, China şi ludeea, gânditori perseverenţi şi inventivi au reexaminat vechile mituri şi moduri de a fi, determinând între alte evoluţii ceea ce filozoful Karl Jaspers a numit „începuturile religiilor universale, pe care fiinţele umane le urmează şi în prezent”.[28] Savanţii dezbat gradul de înrudire între evoluţiile acestea atât de îndepărtate unele de altele, dar sunt de acord în privinţa rezultatului. Sistemele religioase

au devenit tot mai organizate pe măsură ce adepţii lor au elaborat naraţiuni, au acumulat cunoştinţe şi au sintetizat directive care, primite prin mijlocirea unor profeţi unşi şi transmise oral din generaţie în generaţie, au dobândit pecetea sacrului. Există, firește, o mare diversitate în conţinutul textelor rezultate, dar ele au în comun fascinaţia pentru aceleaşi întrebări care ne călăuzesc explorarea în paginile de faţă: De unde am venit? Şi unde mergem?

Printre cele mai vechi texte scrise care au

supravieţuit sunt Vedele; compuse în sanscrită pe subcontinentul indian, unele părţi ale lor datează încă de pe la 1500 î.Cr. împreună cu Upanişadele, un bogat corpus de comentarii scrise probabil după secolul VIII î.Cr., Vedele sunt o colecţie voluminoasă de versuri, mantre şi proză care constituie textele sacre a ceea ce va deveni religia hinduistă – practicată în prezent de unul din şapte locuitori ai Pământului, aproximativ 1,1 miliarde de oameni. Am avut o experienţă personală cu aceste scrieri înainte să fi împlinit zece ani.

Era la finele anilor 1960. Cuvintele pace, iubire şi Vietnam pluteau în aer când tatăl meu, sora mea şi cu mine ne plimbam într-o zi însorită prin Central Park. Ne-am oprit la Naumburg Bandshell, la câţiva paşi de Aleea Poeţilor, unde o mare adunare a devoţilor cultului Hare

Krişna băteau în tobe, cântau şi dansau cu însufleţire. Un adept, cu ochii ieşiţi din orbite şiroind de lacrimi, exprima o comuniune astrală pătimaşă, legănându-se ritmic în timp ce privea intens soarele. Şocant, cel puţin pentru mine, am realizat brusc că unul dintre toboşari, înveşmântat cu o robă largă şi ras pe cap cu excepţia unui singur smoc în creştet, era fratele meu. Crezusem că era plecat la facultate. Se pare că acea plimbare a fost modul prin care tatăl meu a vrut să ne prezinte noua direcţie pe care o luase viaţa fratelui meu.

în deceniile următoare, comunicarea cu fratele meu a fost sporadică, dar la fiecare întâlnire Vedele s-au aflat fie în centrul discuţiei, fie pe aproape. E greu de spus dacă interesul meu a fost stârnit de aceste întâlniri sau de conversaţiile s-au înfiripat firesc între fraţi care abordau probleme similare din perspective diferite. A fost cu siguranţă rodnic să învăţ despre reflecţii străvechi şi pentru mine nefamiliare asupra originilor cosmice: „Nu era pe atunci nici nonexistenţă, nici existenţă; nu era nici tărâmul spaţiului, nici cerul de dincolo de el. Ce s-a urnit? Unde? Sub a cui protecţie? Să fi fost ape insondabil de adânci? Nu era pe atunci nici moarte, nici nemurire. Nu era nici un semn care să distingă noaptea de zi. Doar Unul respira, fără suflu, prin propriul său impuls. în afară de asta, nimic altceva nu mai era.”[29] Am fost impresionat de universalitatea nevoii umane de a simţi ritmurile

realităţii. Dar pentru fratele meu Vedele erau mai mult decât atât. Ele ofereau o viziune mai grandioasă asupra cosmologiei pe care eu o studiam cu ajutorul matematicii. Ca poezie, cuvintele surprind cu iscusinţă enigma unui început al începutului. Ca metaforă, ele vorbesc despre natura paradoxală a unui timp dinaintea timpului. Ca meditaţie, poate o imersiune comună în jurul unui foc care trosneşte, învăluiţi de copleşitoarea, dar profund misterioasa boltă a cerului, neagră ca cerneala şi înţesată de stele, versurile transmit aparentul paradox al existenţei unui univers. Dar vechile imnuri şi versete, poveşti pline de imaginaţie despre Puruşa cel cu o mie de capete care a fost dezmembrat pentru a fi create Soarele, Pământul şi Luna, precum şi multe alte sacrificii evocatoare şi înălţătoare, nu explică originea universului. Cuvintele reflectă modul în care minţile noastre acordate pentru supravieţuire, mereu în căutare de tipare şi dornice de explicaţii, elaborează o poveste însufleţită care să ofere vieţuirii un cadru simbolic – cum am luat fiinţă, cum trebuie să ne purtăm, consecinţele acţiunilor noastre, natura vieţii şi a morţii. Ce mi-a devenit clar prin aceste contacte fraterne sporadice este că Vedele caută ceva stabil, un anume tip de calitate imuabilă aflată la baza nisipurilor mişcătoare ale realităţii familiare. Este o descriere pe care eu, şi mulţi dintre colegii mei, am folosi-o bucuroşi pentru a

caracteriza sarcina fizicii fundamentale. Cele două discipline au în comun dorinţa arzătoare de a vedea dincolo de aparenţele accesibile experienţei de zi cu zi. însă natura explicaţiilor pe care fiecare dintre ele le consideră capabile să îndeplinească această sarcină e complet diferită.

La mijlocul secolului VI î.Cr., Siddhărtha Gautama, un prinţ născut în actualul Nepal şi care crescuse studiind Vedele, a fost şocat de discrepanţa dintre viaţa de lux ce-i fusese hărăzită şi suferinţele îndurate de aceia care duceau o existenţă obişnuită. După cum spune faimoasa poveste, Gautama a decis să renunţe la privilegiile sale şi să străbată lumea în căutarea unui mod de a uşura suferinţa umană. Cunoaşterea dobândită, dezvoltată şi răspândită de adepţii săi în mare măsură după moartea lui, constituie budismul, o religie practicată în prezent de unul din doisprezece locuitori ai Pământului, aproximativ o jumătate de miliard de oameni. Odată cu răspândirea gândirii budiste, au apărut numeroase secte, dar toate au în comun credinţa că percepţia e o călăuză iluzorie către realitate. Există însuşiri ale lumii ce pot părea stabile, dar adevărul e că toate lucrurile se schimbă neîncetat. Abătându-se de la originile sale vedice, budismul neagă existenţa unui substrat imuabil aflat la baza existenţei şi atribuie rădăcinile suferinţei umane eşecului de a recunoaşte nepermanenţa tuturor

lucrurilor. învăţăturile lui Buddha conturează un mod de viaţă care promite o viziune nefardată, percepută mai clar, a adevărului; şi, la fel ca în cazul Vedelor, calea către o asemenea iluminare implică o serie de renaşteri, scopul fiind de a pune capăt ciclului de reîncarnări prin atingerea unei stări de beatitudine eternă aflată dincolo de dorinţă, dincolo de suferinţă şi dincolo de propriul sine. Dacă imaginile anterioare ale omenirii despre tărâmuri unde viata continua dincolo de lumea aceasta au fost o manevră mentală remarcabilă pentru a aborda enigma mortalităţii, poziţiile hinduistă şi budistă sunt încă şi mai remarcabile. Moartea e reimaginată ca un nou început într-un proces ciclic al cărui scop este eliberarea ultimă şi permanentă de viaţa însăşi. Finalul ciclurilor, odată atins, conduce la un domeniu unde noţiunea de existenţă distinctă dispare. Nepermanenţa noastră devine un rit de trecere sacru pe drumul către atemporal.

Deoarece hinduismul şi budismul caută o realitate aflată dincolo de iluziile percepţiei cotidiene, caracterizare aplicabilă şi multora dintre cele mai surprinzătoare progrese ale ştiinţei din ultima sută de ani, o mică industrie a produs articole, cărţi şi filme ce-şi propun să stabilească legături cu fizica modernă. Deşi putem găsi similitudini de perspectivă şi limbaj, n-am întâlnit niciodată mai mult decât o rezonantă metaforică între idei distincte interpretate

vag. Descrierile fizicii moderne din lucrări de popularizare, ale mele şi ale altora, de regulă suprimă matematica în favoarea unor expuneri mai accesibile, dar ştiinţa e ferm ancorată în matematică. Oricât de îngrijit alese şi cizelate, cuvintele sunt doar o traducere a ecuaţiilor. Invocarea unei asemenea traduceri ca bază pentru contactul cu alte discipline nu va depăşi aproape niciodată nivelul unei alianţe poetice.

Această opinie e în consonanţă cu cel puţin o parte dintre vocile preeminente ale disciplinelor spirituale. în urmă cu câţiva ani am fost invitat să particip la un forum public cu Dalai Lama. în timpul discuţiei, am remarcat proliferarea cărţilor explicând modul cum fizica modernă reia descoperiri făcute în Orientul îndepărtat cu mii de ani în urmă, şi l-am întrebat pe Dalai Lama dacă consideră valide aceste afirmaţii. Răspunsul său sincer şi direct mi-a lăsat o impresie puternică: „în privinţa conştiinţei, budismul are ceva important de spus. Dar când e vorba de realitatea materială, trebuie să privim la voi şi la colegii voştri. Voi sunteţi cei care pătrundeţi mai adânc.”[30] îmi amintesc că m-am gândit atunci cât de minunat ar fi ca liderii religioşi şi spirituali din întreaga lume să urmeze exemplul acesta simplu, curajos şi onest.

Cam în aceeaşi perioadă în care Buddha peregrina prin India, poporul evreu din regatul ludeei a fost învins de babilonieni

şi forţat să plece în exil. în efortul de a-şi codifica identitatea, conducătorii evrei au adunat relatări scrise disparate şi au supervizat transcrierea istoriilor orale, producând primele versiuni ale Bibliei ebraice – un document care va continua să evolueze şi va deveni un text sacru al religiilor avraamice, practicate acum de mai mult de jumătate din locuitorii Pământului, aproximativ patru miliarde de oameni.[31] Dumnezeul iudaismului, creştinismului şi islamului este creatorul unic, atotputernic, atoateştiutor şi omniprezent a tot ce există – un concept care pentru numeroşi oameni din întreaga lume e imaginea dominantă pe care o invocă în discuţiile, seculare sau sacre, despre religie.

Vechiul Testament spune propria sa poveste binecunoscută despre origini. De fapt, spune două asemenea poveşti. Prima durează şase zile, începe cu formarea cerului şi a pământului şi se încheie cu crearea bărbatului şi a femeii; a doua ocupă o singură zi, mai întâi fiind creat bărbatul; femeia intră în scenă în timpul primei sale sieste. Generaţiile se succedă cu repeziciune, dar, în privinţa locului unde merg protagonişti după moarte, Vechiul Testament păstrează tăcerea. Cu excepţia a două scurte referiri la înviere, nu există nici o promisiune a unei vieţi de apoi. Ulterior, mistici şi exegeţi evrei au elaborat numeroase idei implicând suflete nemuritoare în aşteptarea unei alte lumi, dar nu există o unică interpretare care să

reconcilieze mulţimea de surse şi comentarii. Acea incertitudine va dispărea o jumătate de mileniu mai târziu, când creştinismul a elaborat o doctrină teologică despre suflete eterne care-şi păstrează identitatea mult după trecerea timpului lor pe pământ. După încă o jumătate de mileniu, islamul va introduce propriul său corpus extensiv de credinţe abordând teme similare, alăturându-se creştinismului în veneraţia pentru o zi a judecăţii care se apropie, când morţii vor fi resuscitaţi, iar cei consideraţi vrednici vor primi răsplată veşnică în ceruri, pe când ceilalţi vor suferi osânda veşnică.

Cele câteva religii pe care le-am examinat succint sunt urmate în total de mai mult de trei sferturi dintre locuitorii planetei Pământ. Cu miliarde de aderenţi, natura şi stilul angaj amentului religios variază considerabil, iar dacă includem şi cele peste patru mii de religii mai mici practicate în prezent în întreaga lume, spectrul angajamentelor şi detaliile conţinutului doctrinar se extind şi mai mult. Dar chiar şi aşa există însuşiri comune, ca de pildă personaje eminente care au văzut mai departe sau au avut acces la poveşti care-şi propun să explice cum a început totul, cum se va sfârşi, unde vom merge cu toţii şi care e cea mai bună cale pentru a ajunge acolo. încă şi mai profundă este o aşteptare predominantă că aderenţii vor adopta o mentalitate sacră. Lumea e plină de poveşti care ne pot influenţa modul de

viaţă. Lumea e plină de aserţiuni care ne pot călăuzi comportamentul. Acele poveşti şi aserţiuni care sunt reunite într-o doctrină religioasă se ridică deasupra altora, fiindcă în mintea credincioşilor ele suscită un anumit tip de *credinţă.*

Imboldul de a crede

în urmă cu câţiva ani, pe când mă aflam în ultimele zile haotice ale unui proiect acaparant, am primit invitaţia să ţin discursul principal la o adunare în statul Washington. Neatent, am acceptat invitaţia fără să mă informez suficient în privinţa organizaţiei. Câteva luni mai târziu, când se apropia ziua conferinţei, mi-am dat seama că eram programat să vorbesc la Şcoala Iluminării a lui Ramtha, o organizaţie condusă de Judy Zebra Knight, care pretinde că serveşte drept medium pentru Ramtha, un războinic de acum treizeci şi cinci de mii de ani, originar din tărâmul pierdut Lemuria (care, după câte se pare, era deseori în război cu tărâmul pierdut Adantida). O căutare rapidă a furnizat videoclipuri revelatoare, inclusiv unul dintr-un vechi episod din *The Merv Griffin Show,* în care Knight îşi lasă capul pe spate, îl repede înainte, intră în transă, coboară vocea, adoptă un stil de a vorbi intermediar între Yoda şi regina Angliei şi, ar vrea ea să credem, îl întrupează pe înţeleptul lemurian. Privind peste umărul meu, fetiţa mea a încercat să nu chicotească. N-a

reuşit. Şi pe mine m-ar fi pufnit râsul dacă nu aş fi fost mortificat că acceptasem invitaţia. Dar era ziua dinaintea expunerii, deci prea târziu pentru a mă retrage cu eleganţă.

Când am sosit, prima întâlnire a fost cu câteva sute de oameni legaţi la ochi, cu braţele întinse, umblând de colo-colo pe un vast gazon împrejmuit. Ghidul meu mi-a explicat că fiecare avea agăţat un cartonaş pe care scrisese visul vieţii sale, iar exerciţiul consta în a „simţi” drumul spre un cartonaş identic ce fusese plantat undeva pe câmp. El a comentat că reuşita e un pas esenţial către împlinirea visului. „Şi cum merg lucrurile?” am întrebat eu. „O, minunat. Deja în şedinţa aceasta o participantă şi-a găsit cartonaşul pereche.” Au urmat apoi arcaşii legaţi la ochi. Am păstrat o distanţă sigură şi am refuzat rugăminţile de a participa, mai ales după ce am observat că un fotograf se alăturase discret grupului. Arcaşii legaţi la ochi au avut cam la fel de mult succes ca şi căutătorii legaţi la ochi. în sfârşit, mi s-a alăturat o femeie tânără, în vârstă de vreo douăzeci sau treizeci de ani, al cărei talent telepatic îi permitea să numească la rând cărţile de joc dintr-un pachet amestecat. „Şapte de caro”, prezise ea. „La naiba, e şase de treflă. Dar am greşit doar cu unu. Nouă de pică. Oh, e trei de caro. Aha, aici e caroul acela.” Şi a continuat tot aşa. Mi-a spus că exersează multe ore pe zi, dar ştie că trebuie să se antreneze mai intens.

Pentru cei adunaţi în jurul nostru, iar mai târziu în timpul prelegerii, nu m-am putut abţine să nu fac câteva observaţii de principiu, dintre care la multe m-am referit în paginile acestea. Am explicat că suntem o specie care priveşte lumea şi caută tipare. Iar de cele mai multe ori acesta e un lucru bun. De-a lungul multor generaţii, selecţia naturală ne-a echipat pentru a identifica tipare în modul în care oamenii şi obiectele arată şi se mişcă, permiţându-ne să le identificăm rapid cu numai câteva indicii vizuale. Detectăm tipare în comportamentul animalelor, permiţându-ne să anticipăm când ne putem apropia în siguranţă şi când e mai bine să schimbăm direcţia. Vedem tipare în felul cum zboară obiectele, de la pietre la suliţe, atunci când sunt aruncate, o aptitudine deosebit de utilă strămoşilor noştri când încercau să-şi asigure hrana. Prin tipare ne dezvoltăm mijloacele de a comunica, iar astfel ne reunim în grupuri – de la triburi la naţiuni – care exercită cele mai puternice influenţe în lume. Pe scurt, capacitatea de a recunoaşte tipare ne asigură supravieţuirea. Dar, am continuat eu, uneori întrecem măsura. Uneori, detectorii noştri de tipare selectaţi în mod natural sunt atât de predispuşi şi de pregătiţi să anunţe găsirea unui semnal, încât văd tipare şi imaginează corelaţii care nu există. Uneori atribuim semnificaţie unor lucruri care nu au nici o semnificaţie. Din matematica elementară ştim că, în medie,

o dată din patru vei ghici corect culoarea unei cărţi de joc, iar o dată din treisprezece îi vei ghici numărul. Dar tiparul acesta nu dezvăluie nici o capacitate telepatică. Din an în paşte – de fapt, mai rar – vei umbla la întâmplare pe câmp şi vei găsi cartonaşul pereche, dar asta n-are nici o legătură cu împlinirea visurilor. Cât de des, am întrebat eu, observaţi că o coincidenţă remarcabilă *nu* s-a produs?

Publicul, îngrămădit acum într-un hambar cavernos, aproba cu entuziasm. Mulţi s-au ridicat în picioare să aplaude, ceea ce, după cum le-am spus celor adunaţi, era de apreciat, dar mă punea în încurcătură. Vă spun că abordarea voastră pentru a găsi o realitate mai profundă şi metodele pe care le utilizaţi nu duc nicăieri. Alte ovaţii.

Mai târziu, la semnarea cărţii, câţiva participanţi, vorbind *sotto voce,* mi-au oferit explicaţii. „Mulţi dintre noi nu credem mare parte din ce se petrece aici, şi e important ca s-o spună cineva răspicat. Dar simţim că mai există şi *altceva,* şi venim la şcoală fiindcă avem nevoie să fim în preajma altora care au acelaşi imbold de a căuta un adevăr mai profund.” Sunt de acord. înţeleg imboldul. Istoria fizicii e o colecţie de episoade în care explorări matematice şi experimentale eroice au revelat iar şi iar că mai *există* şi altceva, ceva straniu şi minunat care ne obligă să retuşăm imaginea realităţii. Avem toate motivele

să credem că, în pofida capacităţii sale de a explica o mulţime de date cu o stranie precizie, înţelegerea noastră actuală e provizorie, de aceea noi, fizicienii, anticipăm că pe măsură ce avansăm acest ritm al revizuirii se va repeta de multe ori. Totuşi, în urma unor secole de eforturi, ne-am rafinat instrumentele de investigaţie, iar acestea sunt metodele matematice şi experimentale care constituie corpusul riguros al practicii ştiinţifice. Acestea sunt metodele pe care le transmitem studenţilor noştri şi colegilor din cercetare. Acestea sunt metodele care şi-au dovedit capacitatea de a ne conduce spre trăsăturile ascunse ale realităţii.

Sunt receptiv la afirmaţiile neconvenţionale. Dacă datele colectate în experimente proiectate cu grijă şi repetabile care investighează, să zicem, capacitatea de a simţi cărţile de joc ascunse într-un pachet ar dezvălui o rată a succesului peste cea dictată de hazard, sau dacă date substanţiale ar stabili că un membru al speciei noastre a putut media legătura cu un vechi înţelept dintr-un tărâm de mult pierdut, aş fi interesat. Extraordinar de interesat. Dar, în absenţa unor asemenea date, în absenţa oricărui motiv de a anticipa apariţia unor asemenea date şi în absenţa oricărui argument care să explice de ce asemenea pretenţii nu sunt în totală contradicţie cu tot ce ştim în mod demonstrabil despre funcţionarea realităţii, ajungem repede la

concluzia că nu există nici o bază pentru a crede în aceste afirmaţii.

Ceea ce conduce la întrebarea: Există vreo bază pentru a crede într-o fiinţă atotputernică, invizibilă, care a creat universul, ascultă rugăciunile noastre şi răspunde la ele, urmăreşte ce spunem şi facem şi împarte recompense şi pedepse? Pentru formularea unui răspuns merită să examinăm mai în detaliu conceptul de credinţă.

Credinţă, încredere şi valoare

Aproape toţi cei care mă întreabă despre credinţa mea în Dumnezeu invocă cuvântul „credinţă” ca şi cum m-ar întreba despre credinţa mea în mecanica cuantică. De fapt, cele două întrebări mi se pun adesea în tandem. Tind să formulez răspunsul în termeni de încredere – o măsură a siguranţei –, observând că încrederea mea în mecanica cuantică e mare, fiindcă teoria prezice corect trăsături ale lumii, cum ar fi momentul magnetic dipolar al electronului, cu o precizie mai mare de nouă zecimale, în timp ce încrederea mea în existenţa lui Dumnezeu e redusă, din cauza insuficienţei unor date riguroase care s-o susţină. încrederea, aşa cum ilustrează aceste exemple, apare din evaluarea obiectivă, esenţialmente algoritmică, a dovezilor.

într-adevăr, atunci când fizicienii analizează datele şi anunţă un rezultat, ei

îşi cuantifică încrederea folosind proceduri matematice bine stabilite. Cuvântul „descoperire” e în general folosit numai atunci când încrederea depăşeşte un anumit prag matematic: probabilitatea de a fi indus în eroare de o fluctuaţie statistică în date trebuie să fie mai mică de unu la 3,5 milioane (un număr ce pare arbitrar, dar care apare în mod natural în analizele statistice). Fireşte, nici chiar nivelurile atât de înalte de încredere nu garantează că o „descoperire” e adevărată. Datele din experimente ulterioare ne pot obliga să ne revizuim încrederea; şi în acest caz matematica oferă un algoritm pentru calculul actualizării.

Deşi puţini dintre noi trăiesc conform unor asemenea metode matematice, ajungem la multe dintre credinţele noastre prin raţionamente similare, chiar dacă nu atât de făţiş analitice. îi vedem pe Jack şi Jill împreună, şi ne întrebăm dacă ei formează un cuplu; îi vedem împreună în repetate rânduri, iar încrederea noastră în această concluzie creşte. Mai târziu, aflăm că sunt frate şi soră, aşa încât renunţăm la opinia anterioară. Şi aşa mai departe. E un proces iterativ despre care s-ar putea anticipa că converge în credinţe care reflectă adevărata natură a lumii. Dar nu e neapărat aşa. Evoluţia nu a configurat procesele noastre cerebrale pentru a forma credinţe care corespund realităţii. Ea le-a configurat pentru a favoriza credinţe care generează

comportamente ce promovează supravieţuirea. Iar cele două considerente nu coincid neapărat. Dacă strămoşii noştri ar fi investigat cu grijă orice foşnet şi murmur care le atrăgea atenţia, ei ar fi constatat că majoritatea puteau fi explicate fără a invoca un agent volitiv. Dar, din punctul de vedere al eficienţei adaptive, investiţia lor împovărătoare în căutarea adevărului le-ar fi adus puţine avantaje. De-a lungul a zeci de mii de generaţii, creierele noastre au renunţat la o mai mare exactitate în schimbul unei înţelegeri aproximative şi rapide. Deseori reacţiile prompte învinge evaluările îndelung chibzuite. Veracitatea e un personaj important în drama credinţei, dar e lesne surclasată de supravieţuire şi reproducere.

Pentru a complica şi mai mult intriga, evoluţia a mai adăugat un personaj în distribuţie: emoţiile. în 1872, la peste doisprezece ani după ce anunţase evoluţia prin selecţie naturală, Darwin a publicat *Exprimarea emoţiilor la oameni şi animale,* în care explora convingerea sa că creierul adaptat biologic, iar nu cultura, e principalul motor al expresiei emoţionale. Bazându-se pe observarea atentă a copiilor săi, pe chestionare difuzate pe scară largă şi pe date provenind din diverse culturi pe care le-a adunat în timpul lungilor sale expediţii, Darwin a argumentat că, de exemplu, tendinţa de a zâmbi când ne bucurăm sau de a roşi când ne simţim jenaţi e universală. Putem conta

pe aceleaşi reacţii în toate culturile lumii. în secolul şi jumătate care a trecut de atunci, cercetătorii au urmat direcţia indicată de Darwin, au căutat rolurile adaptive capabile să explice diversele emoţii umane şi au investigat sistemele neurale ce ar putea fi responsabile pentru generarea lor. Frica, au arătat cercetările, este într- adevăr primordială – de la bun început, reacţiile comportamentale şi fiziologice rapide la pericol au avut o valoare de adaptare semnificativă. Iubirea părintească, îndemnând la acordarea îngrijirilor esenţiale pentru o progenitură neajutorată, probabil că e tot o adaptare ancestrală. Jena, vinovăţia şi ruşinea, deosebit de relevante pentru comportamentul adecvat în grupurile numeroase, sunt adaptări care probabil au survenit ulterior, odată cu creşterea dimensiunii grupului.[32] Relevant în cazul de faţă e faptul că presiunea adaptivă a modelat bogatele noastre capacităţi emoţionale la fel cum a modelat mintea umană care posedă limbaj, povesteşte, făureşte mituri, practică ritualuri, creează artă şi e preocupată de ştiinţă. Emoţia a fost amestecată în întreaga noastră dezvoltare evolutivă.

Credinţele au apărut aşadar dintr-un calcul complex care sintetiza analizele raţionale şi reacţiile emoţionale într-o minte ce dobândea talentul pentru supravieţuire.[33]

Calculul credinţei depinde de asemenea de o mulţime de factori incluzând

influenţe sociale, forţe politice şi simple oportunităţi. în primii ani ai vieţii, credinţa e puternic influenţată de autoritatea parentală. Mămica sau tăticu spun că e adevărat? Atunci e adevărat. Aşa cum a observat Richard Dawkins, selecţia naturală îi favorizează pe părinţii care transmit copiilor informaţii ce sporesc şansele de supravieţuire, aşa încât a crede ce spune mămica sau tăticu are sens din perspectiva evoluţiei. Mai târziu, multi iniţiază propriul lor calcul al credinţei – investigând, discutând, citind şi punând la îndoială – care adesea este el însuşi influenţat de aşteptări preexistente şi expunerea la credinţele altora. Cei mai multi dintre noi extind de asemenea lista

*

autorităţilor considerate demne de încredere – profesori, lideri, prieteni, oficialităţi şi alţi experţi recunoscuţi. E necesar. Nimeni nu poate să redescopere, sau măcar să verifice, cunoştinţele acumulate în mii de ani. Am avut odată un vis, de fapt un coşmar, în care îmi susţineam din nou teza de doctorat, iar examinatorul, chicotind pe înfundate, mi-a spus că toate experimentele şi observaţiile care susţin „legile” fizicii cuantice fuseseră născocite. Eram victima unei farse bine puse la punct, fiind indus în eroare de un panteon de autorităţi pe care le respectam şi o comunitate de colegi în care aveam încredere. Oricât de neverosimil ar fi scenariul visului, adevărul este că eu n-am verificat personal decât o fracţiune minusculă din

experimentele esenţiale ale disciplinei. Se poate spune că majoritatea rezultatelor le-am acceptat pe bază de încredere.

Încrederea mea derivă din decenii de experienţă nemijlocită, în care am văzut cum fizicienii minimizează subiectivitatea umană concentrându-se asupra unor date acumulate cu migală, chestionând în permanenţă ipotezele şi păstrându-le doar pe cele care îndeplinesc un set riguros de standarde universale. Dar, chiar şi cu o astfel de atenţie asiduă, contingenţa istorică şi prejudecăţile umane provocate de emoţii găsesc căi pentru a se strecura. Una dintre abordările dominante ale mecanicii cuantice (numită *interpretarea şcolii de la Copenhaga)* poate fi atribuită în parte personalităţilor puternice care au marcat începuturile teoriei. Pentru o discuţie, cititorul poate consulta o altă carte a mea, *The Hidden Reality,* dar bănuiesc că, dacă mecanica cuantică ar fi fost elaborată de un alt grup de personalităţi, ştiinţa formală ar arăta la fel, însă această perspectivă interpretativă nu s-ar fi bucurat de aceeaşi poziţie dominantă timp de atâtea decenii. Frumuseţea ştiinţei este că, prin continuitatea cercetării, doctrinele unei epoci sunt atent regândite în epoca următoare, apropiindu-le astfel treptat de scopul adevărului obiectiv. Dar chiar şi într-o disciplină concepută pentru obiectivitate e nevoie de un proces. Şi e nevoie de timp.

Nu-i de mirare că pe tărâmul haotic,

dezordonat, încărcat emotional al acţiunilor umane cotidiene spectrul credinţelor e larg şi imaginativ, deşi uneori derutant şi frustrant. în formarea credinţelor, unii apelează la ştiinţă, atât pentru conţinut, cât şi pentru strategie. Unii se bizuie pe autoritate, alţii pe comunitate. Unii sunt constrânşi, uneori subtil, alteori făţiş. Unii îşi pun toată încrederea în tradiţie. Alţii acordă jurisdicţie deplină intuiţiei. Iar în centrii de procesare subterani ai minţii, în general nemonitorizaţi, fiecare dintre noi foloseşte o combinaţie idiosincratică şi extrem de variabilă între toate aceste tactici. Mai mult, nimic nu ne împiedică să avem credinţe incompatibile sau să întreprindem acţiuni care sugerează că avem. Nu mă sfiesc să recunosc că din când în când bat în lemn, vorbesc cu defuncţii sau caut sprijin ceresc. Nimic din toate acestea nu se potriveşte cu credinţele mele raţionale despre lume, şi totuşi sunt pe deplin împăcat cu ocazionalele mele tendinţe apotropaice. De fapt, există o anumită delectare în aceste scurte transgresiuni ale rigorilor raţiunii.

Să reţinem de asemenea că în timp ce filozofii de profesie sunt plătiţi să examineze amănunţit credinţa – pentru a dezvălui supoziţii ascunse şi a atrage atenţia asupra unor inferenţe greşite – acest lucru nu e valabil pentru cei mai mulţi dintre noi acum, nici pentru strămoşii noştri atunci. Multe credinţe din

viaţa majorităţii oamenilor rămân neexaminate. Poate că aceasta e o varietate distinctă de adaptare. Delăsătorii tind să nu bage de seamă că rezerva de alimente e pe sfârşite sau că o tarantulă se apropie pe furiş. Ceea ce înseamnă că atunci când evaluăm de ce cutare sau cutare crede una sau alta, ar fi o greşeală gravă să ne imaginăm că credinţa e rezultatul unei reflecţii intense şi al unei examinări critice minuţioase. După cum subliniază Boyer, „Presupunem că ideile despre agenţi supranaturali [...] sunt prezentate minţii, iar un anumit proces decizional le acceptă ca valabile sau le respinge”. Dar, fiindcă aceste idei stimulează mulţi dintre centrii inferentiali ai creierului – de la detectarea

*

agenţilor la teoria minţii, urmărirea relaţiilor etc. – şi fiindcă selecţia naturală a echipat aceşti centri pentru a efectua propriile diagnoze mult sub pragul conştient, modelul judecătorului raţional şi al juriului „ar putea fi o concepţie destul de distorsionată despre modul în care sunt dobândite şi reprezentate asemenea concepte”.[34]

Chiar şi lucrurile cărora li se poate aplica în mod rezonabil conceptul de credinţă se schimbă de la o epocă la alta. Aşa cum observă Karen Armstrong, pe cei care săvârşeau riturile anticelor mistere eleusine „i-ar fi nedumerit întrebarea dacă cred că Persefona a coborât cu adevărat sub pământ, în modul descris de mit”.[35] Ar fi ca şi cum cineva te-ar întreba dacă crezi

în iarnă. „Să cred în iarnă?” ai putea răspunde pe bună dreptate. „Anotimpurile, păi ele există pur şi simplu.” în mod similar, presupune Armstrong, strămoşii noştri au acceptat călătoriile Persefonei „fiindcă oriunde priveai vedeai că viaţa şi moartea sunt inseparabile, şi că pământul a murit şi a revenit la viaţă. Moartea a fost teribilă, înfricoşătoare şi inevitabilă, dar n-a fost sfârşitul. Dacă tai o plantă şi arunci ramura moartă, va creşte un lăstar nou”.[36] Mitul nu cerea să fie crezut, nu provoca o criză de credinţă rezolvată prin deliberări asidue. Mitul oferea o schemă poetică, un cadru mental metaforic inseparabil de realitatea pe care o ilumina.

Poate că există o analogie şi cu ceea ce se întâmplă în evoluţia pe termen lung a limbilor naturale.[37] în strădania lor de a sublinia şi a se exprima inventiv, vorbitorii îşi presară propoziţiile cu o metaforă după alta. Şi eu tocmai am făcut-o, dar aproape sigur că nu aţi observat. Presărăm sare pe tocană; presărăm zahăr pe produsele de patiserie. Dar presărarea invocată aici e o metaforă atât de banală, încât puţini sunt cititorii cărora fraza le evocă imaginea unei mâini care împrăştie delicat cuvinte peste un festin de propoziţii proaspăt gătite. Cu timpul, metaforele ajung atât de uzitate, încât orice calitate poetică vor fi posedat la început se evaporă treptat (apa se evaporă, nu poezia), şi ele devin caii de povară ai limbajului cotidian (caii cară poveri, nu cuvintele). Pe scurt, ele sunt

luate la propriu. Poate că noţiunile mitico-religioase trec printr-un proces analog. Poate că astfel de noţiuni încep ca modalităţi evocatoare, poetice, metaforice de a privi lumea care, cu trecerea timpului, îşi pierd treptat poezia, îşi leapădă semnificaţia metaforică şi sunt luate la propriu.

Cel mai mult mă apropii de un asemenea sens propriu când recunosc că un zeu sau altul s-ar putea să existe. Admit că e o posibilitate pe care nimeni n-o va putea elimina vreodată. Atâta vreme cât presupusa influenţă a zeului nu modifică în nici un fel evoluţia realităţii care e bine descrisă de legile matematice, atunci zeul acela e compatibil cu tot ce observăm. Dar este o enormă prăpastie între simpla compatibilitate şi necesitatea explicativă. Invocăm ecuaţiile lui Einstein şi Schrbdinger, cadrul evoluţionist al lui Darwin şi Wallace, spirala dublă a lui Watson şi Crick şi o lungă listă de alte realizări ştiinţifice nu fiindcă sunt compatibile cu observaţiile noastre, cum fireşte că sunt, ci fiindcă oferă o structură explicativă puternică, detaliată şi predictivă pentru înţelegerea observaţiilor. Conform acestui criteriu, doctrinele religioase nu intră în discuţie; bineînţeles că mulţi credincioşi nu consideră relevant acest criteriu. Problema este că, dacă luăm lucrurile la propriu, acea evaluare nu e cu putinţă. O aserţiune religioasă interpretată la propriu ca o afirmaţie despre lume şi care

contravine legii ştiinţifice stabilite e falsă. Punct. în asemenea cazuri, a adopta o interpretare la propriu echivalează cu a accepta existenţa lui Ramtha.

Doctrina religioasă (sau chiar cea despre Ramtha) poate însă rămâne în limitele discursului raţional dacă suntem dispuşi să renunţăm s-o luăm la propriu şi acceptăm să citim selectiv scripturile, omiţând elementele care ni se par ofensatoare sau depăşite, să interpretăm poveştile şi afirmaţiile la modul poetic sau simbolic sau, şi mai simplu, ca elemente ale unei naraţiuni fictive. Sunt multe motive de a

*

proceda astfel. Am putea găsi bucurie sau alinare văzând că vieţile noastre decurg în cadrul unei naraţiuni mai vaste şi, pentru unii, mai satisfăcătoare, acordând puţină atenţie calităţilor supranaturale sau afirmaţiilor metafizice ale religiei. Am putea avea de câştigat din lectura povestirilor religioase ca o arhivă profund emoţionantă care surprinde în mod simbolic trăsături esenţiale ale condiţiei umane. Am putea savura provocarea de a elabora un sistem interpretativ care să reconcilieze anumite doctrine religioase cu cunoaşterea ştiinţifică. Am putea găsi satisfacţie acoperind cu sensibilitate sacră interacţiunea noastră cu lumea, adăugând o poleială care intensifică experienţa fără să nege raţionalitatea. Am putea beneficia de sprijinul şi solidaritatea unei afilieri religioase. Neam putea îmbogăţi sufleteşte participând la ritualuri

religioase, dând un caracter sacru momentelor de tranziţie ale vieţii şi marcând zilele sfinte care ne leagă de o tradiţie venerabilă. Asemenea tipuri de angajament religios pot oferi activitate, motivaţie, comunitate şi călăuzire care, pentru unii, deschid calea către o viaţă mai bogată, înzestrată cu o semnificaţie sporită. Ele nu presupun credinţa în natura factuală a conţinutului religios, ci reflectă credinţa în valoarea unui asemenea conţinut, indiferent dacă e veridic sau nu.

în urmă cu peste un secol, William James a oferit o analiză perspicace şi sinceră a experienţei religioase, în rezonanţă cu observaţia lui Dalai Lama privitoare la fizică şi conştiinţă. James a subliniat că, în vreme ce ştiinţa cultivă o abordare impersonală, obiectivă, numai luând în considerare lumile noastre interioare – „teroarea şi frumuseţea fenomenelor, «promisiunea» răsăritului şi a curcubeului, «vocea» tunetului, «blândeţea» unei ploi de vară, «sublimul» stelelor, iar nu legea fizică pe care o urmează lucrurile acestea”[38] –, putem spera să elaborăm o descriere completă a realităţii. La fel ca Descartes, James sublinia că experienţa noastră interioară este, în fapt, *singura* noastră experienţă. Ştiinţa poate să caute o realitate obiectivă, dar singurul nostru acces la acea realitate este prin procesarea subiectivă pe care o efectuează mintea. Mintea omenească interpretează deci în

permanenţă o realitate obiectivă producând una subiectivă.

Din această perspectivă, dacă practica religioasă – sau poate că o denumire mai adecvată aici ar fi practică spirituală – e întreprinsă ca o explorare a lumii interioare a minţii, o călătorie lăuntrică prin experienţa inevitabil subiectivă a realităţii, atunci întrebările dacă o doctrină sau alta reflectă un adevăr obiectiv devin secundare.[39] Căutarea religioasă sau spirituală nu e necesar să urmărească aspecte demonstrabile ale lumii exterioare; există un întreg peisaj interior de explorat, de la teroarea şi frumuseţea, promisiunea şi vocea, blândeţea şi sublimul la care s-a referit James, la vasta listă de alte constructe umane, între care binele şi răul, veneraţia şi groaza, uimirea şi gratitudinea, pe care le-am invocat de-a lungul vremurilor pentru a conferi valoare şi a găsi semnificaţie. Oricât de atent am examina particulele individuale ale naturii, oricât de asiduu am urmări regulile matematice fundamentale ale naturii, nu vom zări aceste concepte. Ele apar numai atunci când anumite aranjamente complexe de particule îşi dezvoltă capacităţile de a gândi, a simţi şi a reflecta. Cât de spectaculos şi cât de reconfortant e faptul că pot exista asemenea ansambluri de particule în permanentă agitaţie, acţionând sub controlul inflexibil al legii fizice, şi totuşi capabile să aducă în lume aceste calităţi.

*

Pentru mine, analogia cu metaforele ascuţite ale limbii tocite de trecerea timpului scoate în evidenţă un aspect important, evident, dar grăitor: multe dintre religiile lumii sunt vechi. E un lucru esenţial. El ne spune că timp de secole, dacă nu milenii, o practică religioasă a reţinut atenţia oamenilor, şi în diverse combinaţii a oferit structura ritualului, a influenţat sentimentul locului lor în lume, le-a călăuzit sensibilitatea morală, a inspirat crearea unor opere de artă, a oferit participarea la naraţiuni grandioase, a promis că moartea nu e sfârşitul şi, firește, de asemenea a intimidat cu pedepse aspre, i- a împins pe unii spre bătălii violente, a justificat înrobirea şi uciderea păcătoşilor etc. Unele lucruri bune, unele rele, unele de-a dreptul odioase. Dar, trecând prin toate, tradiţiile religioase s-au perpetuat. Deşi categoric nu oferă cunoştinţe despre o bază verificabilă a realităţii materiale – domeniul

*

de competenţă al ştiinţei –, religia a oferit unora dintre aderenţii săi o senzaţie de coerentă care a dat

, J ,

context vieţii, plasând familiarul şi exoticul, bucuriile şi truda într-o poveste mai măreaţă. Şi, din acest motiv, religiile venerabile ale lumii oferă genealogii care-i unesc pe adepţi peste secole.

Am fost crescut ca evreu. Participam cu întreaga familie la serviciile religioase de

sărbătorile importante şi am fost înscris la o şcoală ebraică locală. Sosirea anuală a unor elevi noi însemna că clasa reîncepea în fiecare an cu alfabetul ebraic, de aceea eu stăteam tăcut deoparte şi răsfoiam Vechiul Testament. Mă plângeam amarnic părinţilor, dar adevărul este că-mi plăcea să citesc despre Samuel, Absalom, Ismael, Iov şi toţi ceilalţi. Cu trecerea anilor, m-am îndepărtat de religie, simţind prea puţin nevoia unei participări formale. Atunci, în timpul unei întreruperi a studiilor mele doctorale la Oxford, am făcut o călătorie în Israel. Un rabin excesiv de zelos a prins cumva de veste că un tânăr fizician american hoinărea pe străzile din Ierusalim. I-a dat de urmă, l-a înconjurat cu cărturari talmudici care „şi ei studiau originea universului” şi l-a convins – sau mai bine zis, l-a obligat – pe exagerat de respectuosul student de douăzeci şi ceva de ani să-i viziteze templul şi să-şi înfăşoare braţele şi fruntea cu accesoriile tradiţionale de piele ale ritualului tefillin. Pentru rabin, aceasta era voinţa lui Dumnezeu în acţiune. Studentul era destinat să fie adus înapoi în ţarc. Pentru student, era o constrângere brutală să se angajeze într-o practică sacră în absenţa unei convingeri interioare. Când în fine studentul şi-a desfăşurat benzile de piele şi a părăsit templul, a ştiut că terminase pentru totdeauna.

Şi totuşi, când tatăl meu a murit, sosirea zilnică în sufrageria noastră a unui

minyan— de evrei practicanţi pentru a recita rugăciunea Kaddish a fost o mare alinare. Tatăl meu, care nu fusese un om religios, era acceptat de o tradiţie veche de mii de ani, având parte de un ritual ce fusese administrat la nenumăraţi alţii înaintea lui. Cuvintele religioase pe care le psalmodiau bărbaţii contau prea puţin. Erau în aramaică, o colecţie de sunete străvechi, o poezie tribală imprimată în cadenţă şi ritm, iar eu nu eram interesat de traducere. Ce conta pentru mine în acele scurte momente – natura, dacă vreţi, a credinţei mele – au fost istoria şi conexiunea. Aceasta e, pentru mine, grandoarea moştenirii. Aceasta e, pentru mine, măreţia religiei.

20. Wladziu Valentino Liberace (1919-1987), pianist, cântăreţ şi actor american de origine italo-poloneză, cunoscut pentru extravaganţele sale atât pe scenă, cât şi în afara ei (n. tr.).

21. „Kilroy was here”, grafitti devenit popular în timpul celui de-Al Doilea Război Mondial; reprezintă capul unui bărbat chel, cu un nas proeminent atârnând peste un zid de care se agaţă cu mâinile (n. tr.).

22. în iudaism, numărul minim de zece bărbaţi necesar pentru a alcătui o comunitate reprezentativă în scopuri liturgice (n. tr.).

8.INSTINCT ŞI CREATIVITATE

De la sacru la sublim

Pe 7 mai 1824, Ludwig van Beethoven apărea pe scenă la Theater am Kărntnertor, la Viena, pentru premiera celei de-a noua şi ultimei sale simfonii. Era prima lui apariţie publică după aproape doisprezece ani. Programul anunţa că Beethoven doar îl va asista pe dirijor, dar, când sala s-a umplut şi publicul aştepta nerăbdător, el nu s-a mai putut stăpâni. Joseph Bohm, primul violonist, avea să-şi amintească: „Beethoven a dirijat el însuşi sau, mai bine zis, s-a postat în faţa podiumului dirijorului, aruncându-se înainte şi înapoi ca ieşit din minţi. Acum stătea drept, pentru ca în momentul următor să se ghemuiască la podea, dădea din mâini şi din picioare ca şi cum ar fi vrut să cânte el însuşi la toate instrumentele şi pentru întregul cor.”[1] Beethoven suferea de o formă severă de acufenă – ceea ce el numea un vuiet în urechi – , iar la acea dată era aproape complet surd. Drept urmare, când orchestra a încheiat pe o notă triumfală, el rămăsese involuntar în urmă cu câteva măsuri şi încă mai dirija cu înverşunare. Altista l-a apucat cu blândeţe de mânecă şi l-a întors cu faţa către publicul care flutura batiste şi

ovaţiona zgomotos. Beethoven a plâns. Cum a putut el şti că sunete pe care le auzise doar în mintea lui vor atinge o coardă universală în inima omenirii?

Miturile şi religiile noastre dezvăluie felul în care au încercat, colectiv, strămoşii noştri să înţeleagă lumea. Reunind povestea, ritualul şi credinţa, tradiţiile noastre au căutat – uneori cu compasiune, alteori cu brutalitate – o naraţiune care să explice drumul străbătut şi să ne îndemne să mergem mai departe. Ca indivizi, am păşit pe aceeaşi cale, bizuindu-ne pe instinct şi ingeniozitate, pentru a ne asigura supravieţuirea în timp ce căutam sensul şi motivul pentru care ar trebui să ne pese. În cursul călătoriei, unii vor capta coerenţa realităţii în moduri noi şi surprinzătoare, oferind reflecţii prin intermediul unor lucrări de literatură, artă, muzică şi ştiinţă ce ne vor redefini sentimentul de sine şi ne vor îmbogăţi raportul cu lumea. Spiritul creator, care deja de multă vreme dăltuia figurine, colora pereţii peşterilor şi spunea poveşti, era pregătit să-şi ia zborul.

Minţi excepţionale – puţin numeroase, dar care au existat în orice epocă, toate modelate de natură, iar unele dintre ele de o imaginară inspiraţie divină – vor descoperi noi modalităţi de articulare a transcendentului. Odiseele lor creatoare vor exprima o formă de adevăr aflată dincolo de deducţie sau

*

validare, dând glas unor însuşiri definitorii

ale naturii umane care rămân tăcute până când nu sunt experimentate.

Acrea

Sensibilitatea faţă de tipare se numără printre cele mai eficiente aptitudini pentru supravieţuire. Aşa cum am văzut în repetate rânduri, observăm tipare, experimentăm tipare şi, cel mai important, învăţăm din tipare. Amăgeşte-mă o dată – să-ţi fie ruşine. Amăgeşte-mă a doua oară – şi poate că e prematur să mă învinovăţesc, dar a treia şi a patra oară vina îmi va aparţine fără îndoială. A învăţa din tipare e un talent esenţial pentru supravieţuire, imprimat de evoluţie în ADN-ul nostru. E posibil ca vizitatori extratereştri ajunşi pe Pământ să aibă o biochimie diferită, dar probabil că nu le va fi greu să înţeleagă noţiunea; analiza tiparelor a jucat aproape sigur un rol central şi în evoluţia lor.

S-ar putea însă ca asemenea schimburi intergalactice să nu fie o întâlnire perfectă a minţilor. Unele dintre tiparele noastre îndrăgite i-ar putea lăsa perplecşi pe vizitatorii extratereştri. Aranjaţi anumiţi pigmenţi pe o pânză albă, ciopliţi într-un anume fel un bloc de marmură sau generaţi anumite vibraţii printre moleculele de aer – producând anumite tipare de lumină, textură şi sunet –, iar la întâlnirea cu aceste tipare noi, oamenii, simţim realitatea deschizându-se în moduri pe care niciodată până atunci nu

le-am crezut posibile. Pentru un moment scurt, dar aparent nemărginit, simţim că locul nostru în lume se schimbă, ca şi cum am fi fost transportaţi pe alt tărâm. Dacă extratereştrii au avut genul acesta de experienţe, vor înţelege despre ce vorbim. Dar când le vom explica reacţiile noastre interioare la operele creatoare e posibil ca ei să privească în gol. Şi întrucât puterea limbajului de a descrie asemenea experienţe e limitată, extratereştrii ar fi uimiţi să privească de la un continent la altul şi să vadă că numeroşi membri ai speciei noastre, unii singuri, alţii în grupuri, se concentrează intens, sunt absorbiţi, urmăresc ritmul şi fac piruete în timp ce se cufundă în lumile artei şi ale muzicii.

Uluiţi de reacţia noastră la expresia artistică, probabil că vizitatorii extratereştri ar fi la fel sau şi mai uluiţi de crearea acestor opere. Pagina albă. Pânza imaculată. Blocul inform de marmură. Botul de lut. Portativul nescris care aşteaptă inspiraţia compozitorului sau, odată scris, aşteaptă să fie interpretat. Sau cântat. Sau dansat. Unii membri ai speciei noastre îşi petrec zilele şi nopţile imaginând forme pe care să le extragă din materia amorfă şi sunete pe care să le toarne în tăcere. Unii vor cheltui cea mai bună parte a vieţii şi energiei lor pentru a realiza aceste viziuni imaginative, producând tipare în spaţiu şi timp care pot fi venerate, detestate, ignorate sau considerate însăşi esenţa existenţei. „Fără

muzică”, spunea Friedrich Nietzsche, „viaţa ar fi o eroare”[2]. Sau, în cuvintele Ecrasiei, personajul lui George Bernard Shaw: „Fără artă, grosolănia realităţii ar face lumea insuportabilă.”[3] Dar ce declanşează impulsul imaginativ? E catalizat de instincte comportamentale modelate de selecţia naturală? Sau de multă vreme irosim resurse preţioase de timp şi energie cu îndeletniciri artistice având prea puţină legătură cu supravieţuirea şi reproducerea?

Suntem aruncaţi în lume fără să fim întrebaţi.

Odată ajunşi aici, ni se îngăduie să ne bucurăm de viaţă doar o clipă. Cât de înălţător e să apucăm frâiele creaţiei şi să modelăm ceva ce putem controla, ceva ce ne aparţine în mod intrinsec, ceva care reflectă cine suntem, ceva care captează viziunea noastră specifică asupra existenţei umane. Multi dintre noi ar refuza să ducă viata lui Shakespeare, Bach, Mozart, van Gogh, Dickinson sau O’Keeffe—, dar ar fi încântaţi să posede măiestria lor creatoare. Să luminăm realitatea cu faruri făurite de noi înşine, să emoţionăm lumea cu opere izvorâte din configuraţia noastră moleculară, să creăm experienţe capabile să treacă proba timpului – ei bine, toate acestea sună foarte romantic. Pentru unii, în procesul creaţiei există o magie, un imbold irepresibil către exprimarea sinelui. Alţii văd ocazia de a-şi înălţa statutul şi prestigiul. Alţii simt chemarea eternităţii;

creaţiile noastre artistice, după cum spunea cândva Keith Haring, sunt o „căutare a nemuririi”.[4]

Dacă creaţia şi consumul de opere ale imaginaţiei ar fi o adăugire recentă la comportamentul uman, sau dacă aceste activităţi ar fi fost doar rareori

*

practicate de-a lungul istoriei omenirii, e improbabil ca ele să dezvăluie trăsături universale ale naturii noastre umane evoluate. în fond, unele lucruri – precum pantalonii bufanţi şi bananele flambate – sunt rezultatul unor particularităţi contingente, aşa încât desluşirea amănuntelor genealogiei lor istorice oferă doar puţine clarificări. Dar adevărul este că, din trecutul îndepărtat şi în toate ţinuturile locuite, cântăm, dansăm, compunem, pictăm, sculptăm, cioplim şi scriem. Picturi rupestre şi obiecte funerare elaborate, cum am întâlnit în capitolul precedent, datează încă de acum treizeci-patruzeci de mii de ani. Au fost descoperite încrustaţi! şi artefacte mai vechi cu câteva sute de mii de ani şi care dovedesc o expresie artistică.[5] Suntem confruntaţi cu un comportament universal care însă, spre deosebire de a mânca, a bea şi a procrea, nu-şi arată făţiş valoarea pentru supravieţuire.

Pentru o sensibilitate modernă, asta poate să nu pară o enigmă. A experimenta o operă care înviorează sufletul sau ne impresionează până la lacrimi înseamnă a transcende banalitatea cotidianului, şi cine nu ar rezona la o asemenea

experienţă? Dar, la fel ca în cazul observaţiei superficiale că mâncăm îngheţată fiindcă ne plac dulciurile, această explicaţie se concentrează doar asupra reacţiilor noastre nemijlocite, şi prin urmare e limitată la imboldul cel mai direct către înclinaţiile noastre creatoare. Putem merge mai adânc? Putem înţelege de ce strămoşii noştri erau dispuşi să neglijeze provocările concrete ale supravieţuirii şi să cheltuiască timp, energie şi efort preţioase dedicându-se imaginaţiei?

Sex şi prăjitura cu brânză

Când i-am întâlnit pe străbunii noştri spunând poveşti, am examinat o întrebare similară, iar răspunsul cel mai convingător a invocat metafora simulatorului de zbor: prin utilizarea creatoare a limbajului am experimentat perspective familiare sau străine, permiţându-ne să ne lărgim şi să ne rafinăm reacţiile la întâlnirile din lumea reală.

*

Spunând poveşti, ascultând poveşti, înfrumuseţând poveşti şi repetând poveşti, ne-am jucat cu posibilitatea fără să suferim consecinţele. Am urmat o potecă după alta care începeau cu „Dar dacă?”, iar prin raţiune şi fantezie am explorat o sumedenie de rezultate posibile. Minţile noastre au cutreierat libere prin peisajul experienţei imaginate, dăruindu- ne o nou-descoperită subtilitate a gândirii, care s-a

dovedit pesemne valoroasă pentru supravieţuire.

Dacă luăm în considerare forme mai abstracte de artă, această explicaţie trebuie revizuită. Una e să-ţi imaginezi mintea lustruind idealurile de curaj şi eroism prin poveşti captivante despre bătălii câştigate cu greu sau relatări fascinante ale unor călătorii primejdioase. Şi cu totul altceva să susţii că mintea şi-a exersat un muşchi adaptiv ascultând o Edith Piaf sau un Igor Stravinsky din Pleistocen. Se pare că există o prăpastie între experienţa muzicii – sau, echivalent, a picturii, dansului sau sculpturii – şi depăşirea dificultăţilor întâlnite în lumea ancestrală.

Darwin însuşi a reflectat asupra posibilei funcţii adaptive a unui simţ artistic înnăscut, motivat fiind de faimoasa enigmă evolutivă a cozii păunului. Cu o coadă mare şi viu coloratã, unui păun îi este greu să se ascundă, iar când e urmărit de un prădător care se apropie rapid îi e greu să scape. De ce ar evolua o asemenea structură măreaţă, frumoasă, dar aparent dăunătoare? Răspunsul, a conchis Darwin, este că, deşi coada păunului poate fi o piedică în lupta pentru supravieţuire, ea este totuşi o parte esenţială în strategia lui de reproducere. Nu numai noi, oamenii, găsim coada păunului atrăgătoare, ci şi păuniţele. Ele sunt atrase de penajul strălucitor, de aceea cu cât păunul are o coadă mai impresionantă, cu atât e mai probabil să-şi

găsească o pereche. Progenitura rezultată, la rândul ei, are mari şanse să moştenească trăsăturile tatălui şi preferinţele mamei, propagând un război genetic în care bătăliile sunt câştigate nu dobândind mai multă hrană sau asigurând o mai mare protecţie, ci crescând cozi splendide.

Este un exemplu de *selecţie sexuală,* un mecanism evolutiv darwinist ale cărui angrenaje sunt puse în mişcare de accesul la reproducere. Un păun care moare tânăr nu va reuşi să se reproducă, de aceea selecţia naturală îi favorizează pe supravieţuitori. Dar de acelaşi eşec reproductiv va avea parte un păun care trăieşte mult şi bine, dar e ocolit de toate posibilele perechi. Pentru a influenţa constituţia biologică a generaţiilor următoare, supravieţuirea e necesară, dar nu suficientă. Importantă este producerea de urmaşi, de aceea caracteristicile care încurajează împerecherea se vor bucura de un avantaj selectiv, uneori chiar şi în dauna siguranţei.[6] Asemenea costuri nu pot fi astronomice – cozile nu pot fi oricât de stânjenitoare fără ca supravieţuirea să fie grav periclitată –, dar nici nule. Deşi coada păunului e exemplul cel mai frecvent, considerente similare se aplică unui mare număr de specii. Păsările manakin cu barbă albă— îşi sumeţesc mişcările într-un dans frenetic şi zgomotos menit să atragă potenţialele perechi; licuricii sclipesc hipnotic într-o ceremonie de curtare al cărei succes depinde de

fineţea efemerului lor joc de lumini; masculii de pasăre grădinar— construiesc cuiburi de burlaci complicate, împletind crenguţe, frunze, cochilii şi chiar ambalaje colorate într-o etalare ostentativă, ce pare să nu aibă alt scop decât seducerea unei viitoare doamne Pasăre Grădinar.[7]

Când Darwin a descris pentru prima oară selecţia sexuală în cartea sa în două volume, apărută în 1871, *Descendenţa omului şi selecţia sexulală,* propunerea n-a avut un succes imediat. Pentru mulţi contemporani ai săi părea de neconceput ca un comportament din mediul brutal al animalelor nonumane să depindă de reacţii estetice.[8] Darwin nu şi-a imaginat păsări sau broaşte pierdute în reverii poetice, contemplând razele roşiatice ale Soarelui care dispărea sub orizont. Simţul estetic propus de el se concentra exclusiv pe alegerea perechii. Chiar şi aşa, atribuirea de către Darwin a unui „gust pentru frumos”[9] unui larg segment din regnul animal părea o frivolitate. Iar pentru Alfred Russel Wallace, care vedea în sensibilităţile estetice umane un dar de la

*

Dumnezeu, era de-a dreptul scandalos.[10]

Dar, dacă nu invocăm o sensibilitate înnăscută pentru frumos, cum explicăm somptuoasele ornamente corporale, paradele creatoare şi construcţiile fizice care sunt parte integrantă în nenumărate jocuri de curtare desfăşurate în regnul animal? Ei bine, există şi o abordare mai puţin elevată. Să ne gândim din nou la

coada păunului. în vreme ce noi, oamenii, apreciem estetica penajului unui păun, unei păuniţe acesta îi provoacă o reacţie instinctivă cu o considerabilă importanţă genetică. Păunii împodobiţi cu penaj strălucitor sunt puternici şi sănătoşi, mărind şansele ca ei să zămislească descendenţi viguroşi. Şi fiindcă păuniţele, la fel ca femelele majorităţii speciilor, pot produce mult mai puţine progenituri în comparaţie cu omologii lor masculini, ele şi-au dezvoltat o preferinţă deosebit de puternică pentru masculii apţi; asemenea uniuni măresc rata de succes a fiecărei fertilizări consumatoare de resurse, şi ca atare preţioase.[11] Penajul bogat fiind o demonstraţie vizibilă a forţei şi vigorii unei potenţiale perechi, păuniţele atrase de asemenea cozi e mai probabil să dea naştere unor pui robuşti. La rândul lor, aceşti pui de păun vor poseda în general aceleaşi gene pentru a dori şi a dobândi un penaj strălucitor, înlesnind răspândirea acestor trăsături la generaţiile viitoare. în această analiză a selecţiei sexuale, frumuseţea nu e nicidecum superficială; ea echivalează cu o scrisoare de recomandare publică, atestând aptitudinea adaptivă a unei potenţiale perechi.

Indiferent dacă alegerea perechii e motivată de sensibilităţi estetice sau de considerente de sănătate, preferinţele rezultate pot justifica trăsături costisitoare, corporale şi de comportament, ale căror beneficii

intrinseci pentru supravieţuire sunt îndoielnice. întrucât această descriere pare aplicabilă practicilor artistice foarte vechi şi în esenţă universale ale speciei noastre, e posibil ca selecţia sexuală să aducă clarificări. Darwin aşa credea. El a invocat selecţia sexuală pentru a explica înclinaţia umană pentru perforări şi colorări ale corpului, şi a sugerat că reacţia puternică pe care o poate suscita muzica e un rezultat evolutiv al selecţiei sexuale, modelând apelurile umane la împerechere. Bărbaţii care cântau sau dansau cel
mai bine, ori aveau cele mai atrăgătoare tatuaje sau veşminte ornamentate au fost ţinta femeilor pretenţioase, iar astfel au dat naştere mai lesne unei progenituri cu înclinaţii artistice. Când un băiat întâlnea o fată, poate că talentul artistic hotăra dacă băiatul se întorcea acasă singur.

Mai recent, psihologul Geoffrey Miller şi filozoful Denis Dutton au dezvoltat în continuare această perspectivă, sugerând că aptitudinile artistice umane oferă un indicator de eficientă

*

biologică pe care femeile perspicace îl examinează cu atenţie.[12] Artefactele făurite cu măiestrie, manifestările creatoare şi reprezentaţiile energice demonstrează o minte şi un trup care funcţionează la întreaga capacitate, atestând totodată că artistul e înzestrat din plin cu cele necesare supravieţuirii. în fond, continuă raţionamentul, un artist îşi

poate permite extravaganţa de a cheltui timp şi energie pe activităţi fără valoare de supravieţuire numai în virtutea faptului că posedă resurse materiale şi îndemânare fizică. (După câte se pare, artiştii din Pleistocen erau departe de a flămânzi.) Din acest punct de vedere, iniţiativele artistice echivalează cu o strategie de marketing de autopromovare având ca rezultat uniuni între artişti talentaţi şi o consoartă cu discernământ, producând urmaşi care au toate şansele să posede trăsături similare.

Selecţia sexuală ca motor evolutiv al activităţii

* * artistice umane e o posibilitate interesantă, dar a generat mai mult dispute decât consens. Cercetătorii şi-au pus numeroase întrebări: Talentul artistic este oare un semnal precis pentru sănătatea fizică? S-ar putea ca aptitudinile artistice să fie atât de strâns împletite cu inteligenţa şi creativitatea native, calităţi cu o incontestabilă valoare pentru supravieţuire, aşa încât predilecţiile artistice să se răspândească prin selecţie naturală, fără a fi nevoie să invocăm selecţia sexuală? Dat fiind că selecţia

* * sexuală se concentrează asupra artiştilor bărbaţi, cum explică această teorie activităţile artistice ale femeilor? Şi, poate aspectul cel mai dificil, caracterul public al activităţilor artistice în Pleistocen, precum şi ritualurile de curtare şi practicile de împerechere din acea epocă sunt în mare parte de

domeniul speculaţiei. Fără îndoială, cuceririle lui Lucian Freud— şi Mick Jagger sunt legendare, dar ne spun ele oare ceva despre importanţa talentelor artistice sau a prezenţei scenice pentru accesul la reproducere al primilor hominizi? în lumina acestor preocupări, Brian Boyd a oferit un rezumat prudent: „Selecţia sexuală a fost un mecanism în plus pentru artă, nu motorul însuşi.”[13]

Steven Pinker sugerează o perspectivă complet diferită asupra utilităţii adaptive a artelor. într-un pasaj frecvent citat de susţinători, precum şi de detractori, el afirmă că toate artele, mai puţin cele ale limbajului, echivalează cu deserturi fără nici o valoare nutritivă servite unor creiere umane obsedate de tipare. La fel cum „prăjitura cu brânză conţine o explozie senzuală fără echivalent în lumea naturală, fiindcă e un amestec de megadoze de stimuli agreabili pe care l-am născocit cu scopul anume de a apăsa pe butoanele plăcerii”[14], artele, potrivit lui Pinker, sunt creaţii fără utilitate adaptivă, concepute să excite în mod artificial nişte simţuri umane care au evoluat pentru a promova eficienţa biologică a strămoşilor noştri. Aceasta nu e o judecată de valoare (argumentele lui Pinker, pline de aluzii culturale, arată limpede că are o profundă sensibilitate pentru arte). în schimb, el vrea să stabilească imparţial dacă artele au jucat sau nu un rol într-o anumită sarcină: sporirea şanselor ca în lumea ancestrală genele strămoşilor noştri, iar

nu cele ale verilor noştri filistini, fără simţ artistic, afoni şi stângaci, să fie transmise generaţiei următoare. Şi doar în raport cu acest scop Pinker susţine că artele sunt irelevante.

Fără îndoială că evoluţia ne-a determinat să dezvoltăm o serie de comportamente menite să ne sporească eficienţa biologică, de la găsirea hranei şi a perechii şi asigurarea adăpostului până la stabilirea de alianţe, apărarea de duşmani şi instruirea urmaşilor. Comportamente transmisibile care, în general, au dus la un mai mare succes în reproducere, s-au răspândit pe scară largă şi au devenit mecanismele uzuale pentru depăşirea anumitor dificultăţi adaptive. în modelarea unora dintre aceste comportamente o momeală folosită de evoluţie a fost plăcerea: dacă anumite comportamente care ajută supravieţuirea ni se par plăcute, e mai probabil să le adoptăm. Iar în virtutea calităţilor lor care favorizează supravieţuirea, aceste comportamente ne vor mări şansele de a trăi suficient pentru a ne reproduce, înzestrând generaţiile viitoare cu tendinţe de comportament similare. Astfel, evoluţia generează un set de bucle de feedback autoîntreţinute, care fac ca acele comportamente care sporesc adaptarea să pară plăcute. Conform lui Pinker, artele taie buclele de feedback, retează beneficiile adaptive şi stimulează direct centrii plăcerii, oferind experienţe agreabile, care dintr-o perspectivă

evoluţionistă sunt nemeritate. Ne plac trăirile artistice, dar nici crearea, nici experimentarea lor nu ne fac mai bine adaptaţi sau mai atrăgători. Din perspectiva supravieţuirii, artele sunt alimente nesănătoase.

Exemplul preferat al lui Pinker e muzica, genul de artă a cărei irelevanţă adaptivă o explică cel mai detaliat. El sugerează că muzica e un parazit auditiv, care profită de sensibilităţi auriculare evocatoare emoţional care cu mult timp în urmă au avut valoare de supravieţuire pentru strămoşii noştri. De pildă, sunetele ale căror frecvente sunt în relaţie armonică (frecvenţe care sunt multipli ai unei frecvenţe comune) indică o singură sursă, potenţial identificabilă (fizica elementară arată că atunci când vibrează un obiect liniar – corzile vocale ale unui prădător sau o armă făcută dintr-un os gol pe dinăuntru –, frecvenţele de vibraţie tind să completeze o serie armonică). Aceia dintre strămoşii noştri care au reacţionat într-un mod mai agreabil la asemenea sunete organizate poate că le-au acordat mai multă atenţie, iar astfel au cunoscut mai bine mediul lor. Această cunoaştere sporită a înclinat balanţa supravieţuirii în favoarea lor, sporindu-le bunăstarea şi încurajând o dezvoltare şi mai mare a sensibilităţii auditive. Receptivitatea sporită faţă de alte sunete bogate în informaţii, de la tunete la zgomote de paşi şi crengi rupte, a ascuţit şi mai mult atenţia şi a amplificat

cunoaşterea mediului. Prin urmare, aceia dintre strămoşii noştri care erau mai sensibili la sunete posedau un avantaj adaptiv, sprijinind răspândirea sensibilităţii auriculare la generaţiile ulterioare. Potrivit lui Pinker, muzica deturnează sensibilitatea sonoră pentru o escapadă a plăcerilor senzuale fără nici un rol adaptiv. Aşa cum prăj itura cu brânză stimulează artificial vechile noastre preferinţe adaptive pentru alimentele cu conţinut caloric ridicat, muzica stimulează artificial vechea noastră sensibilitate adaptivă la sunete cu conţinut informaţional bogat.

Juxtapunerea de către Pinker a plăcerii vinovate cu experienţa rarefiată e şocantă. În mod intenţionat.

Ideea nu e de a devaloriza experienţa artistică, ci de a extinde atribuirea de semnificaţie. Ne încântă fără

*

îndoială să identificăm o bază evolutivă pentru un comportament uman sau altul, care imprimă o pecete de neşters în ADN-ul nostru. Cât de plăcut e să ne imaginăm că artele, considerate de mulţi printre cele mai elevate realizări ale omenirii, au jucat un rol esenţial în supravieţuirea speciei! Dar, oricât de plăcută, o asemenea explicaţie nu-i neapărat adevărată. Nici esenţială. Adaptarea biologică nu e singurul standard de valoare. E la fel de minunat că ne putem înălţa deasupra preocupărilor pentru supravieţuire şi să folosim imaginaţia pentru a exprima ceva frumos, tulburător

sau sfâşietor. Semnificaţia nu presupune utilitate adaptivă. Cu ani în urmă, la o cină cu familia într-un restaurant, când chelnerul a servit prăjitură cu brânză la o masă alăturată, mama mea, care ţinea permanent regim, a simţit nevoia să se ridice în picioare şi să salute, un gest de respect care se aplică nu doar desertului în sine, ci şi comportamentelor umane universale care, în opinia lui Pinker, au conferit acelui desert caracter adaptiv.

Imaginaţie şi supravieţuire

Recunoaşterea faptului că artele nu trebuie să se ruşineze de lipsa utilităţii adaptive nu i-a descurajat pe cercetători să continue să caute explicaţii darwiniste pentru perpetuarea şi ubicuitatea lor. Explicaţii care, altfel spus, încearcă să stabilească o legătură directă între activităţile artistice şi supravieţuirea strămoşilor noştri. în această căutare, antropoloaga Ellen Dissanayake a subliniat necesitatea de a examina artele aşa cum au fost ele practicate în contextele ancestrale, susţinând că de-a lungul istoriei umane artele, la fel ca religia, n-au fost divertismente pentru timpul liber „cărora să li te dedici o dimineaţă pe săptămână sau când nu ai nimic mai bun de făcut, nici distracţii superflue la care poţi renunţa cu totul”.[15] Indiferent dacă presupunea coborârea în lumea subterană pentru a împodobi un perete de peşteră, sau a bate frenetic

toba, a dansa şi a cânta într-o stare de transă mistică, arta, la fel ca religia, era ţesută în tapiseria existenţei ancestrale. Iar aici se află un posibil rol adaptiv.

Dacă extratereştrii ar fi vizitat Pământul în Paleolitic şi ar fi pariat cine va domina peste un milion de ani, puţini ar fi mizat pe genul *Homo.* Totuşi, reunind forţa fizică şi inteligenţa, am putut domina forme de viaţă mai mari, mai puternice şi mai rapide, sau înzestrate cu simţuri mai fine ale mirosului, văzului şi auzului. Am triumfat fiindcă suntem ingenioşi şi creativi, fireşte, dar în primul rând fiindcă suntem excepţional de sociali. în capitole anterioare am discutat un număr de mecanisme, de la povestit la religie şi teoria jocurilor, care au putut stimula capacitatea noastră de a ne reuni în grupuri productive. Dar, fiindcă un asemenea comportament este pe cât de complex, pe atât de influent, a căuta o singură explicaţie poate fi insuficient. Probabil că diverse combinaţii ale acestor mecanisme au jucat un rol important în succesul tendinţelor noastre de grupare, iar, aşa cum au sugerat Dissanayake şi alţi cercetători, lista influenţelor prosociale trebuie extinsă pentru a include arta.

Dacă tu şi cu mine avem încredere că fiecare va înţelege şi va anticipa reacţiile emoţionale ale celuilalt – chiar şi atunci când ne confruntăm cu dificultăţi neobişnuite şi urmărim noi oportunităţi – sunt şanse mai mari să cooperăm cu succes. Artele au putut juca un rol

esenţial în acest sens. Dacă noi doi şi alţii din grupul nostru participăm frecvent la aceleaşi experienţe artistice ritualizate, reunindu-ne prin ritm, melodie şi mişcări energice, unitatea unor asemenea călătorii emoţionale intense poate crea un sentiment de solidaritate comună. Oricine a luat parte la activităţi de grup prelungite, constând în percuţie, cântece şi mişcări, cunoaşte senzaţia; cui nu a încercat, i-o recomand cu căldură. Intense şi vădit grandioase, aceste episoade emoţionale împărtăşite ne pot include într-un întreg mai angajat. După cum sublinia Noël Carroll, un filozof care s-a aflat în avangarda acestor idei, „Scopul artei a fost să stârnească şi să modeleze emoţiile într-un mod care-i uneşte pe cei aflaţi sub influenţa ei şi le insuflă sentimentul participării la o cultură”.[16] într- adevăr, însăşi noţiunea de cultură – un set de tradiţii, obiceiuri şi perspective larg împărtăşite – se bazează pe o moştenire comună de practici şi experienţe artistice. Membrii unor asemenea grupuri armonizate emoţional aveau mai mari şanse să supravieţuiască şi să transmită generaţiilor următoare tendinţa genetică pentru astfel de comportamente.

Dacă coeziunea grupului nu v-a convins ca explicaţie adaptivă pentru religie, ea nu vă va convinge nici ca explicaţie adaptivă pentru artă. Dar, la fel ca în discuţia despre religie, nu-i nevoie să ne concentrăm exclusiv asupra grupurilor.

Arta a putut avea o utilitate adaptivă direct la nivelul individului, perspectivă pe care eu o găsesc cu adevărat captivantă. Artele oferă o arenă nelimitată de restricţiile adevărului prozaic şi ale realităţii fizice cotidiene, permiţând minţii să salte, să se răsucească şi să facă tumbe în timp ce explorează tot felul de noutăţi imaginare. O minte care aderă ferm la ceea ce e adevărat este o minte care explorează un tărâm foarte limitat de posibilităţi. Dar o minte obişnuită să traverseze nestingheritä graniţele dintre real şi imaginar – fără ca vreodată să le confunde – este o minte exersată în ruperea legăturilor gândirii convenţionale. O asemenea minte e înclinată spre inovaţie şi ingeniozitate. Istoria o arată clar. Multe progrese importante în ştiinţă şi tehnologie se datorează unor indivizi capabili să examineze aceleaşi probleme cu care s-au confruntat generaţii de gânditori înaintea lor şi să aibă flexibilitatea de gândire necesară pentru a le vedea altfel.

Pasul esenţial făcut de Einstein în direcţia , * relativităţii n-a fost declanşat de noi experimente sau date. El a operat cu date – despre electricitate, magnetism şi lumină – deja bine cunoscute. Mişcarea îndrăzneaţă a lui Einstein a fost să se elibereze de presupunerea larg acceptată că spaţiul şi timpul sunt constante, care impunea ca viteza luminii să fie variabilă, imaginându-şi în schimb că viteza luminii e constantă, ceea ce impunea ca spaţiul şi timpul să varieze. Nu urmăresc aici să

explic teoria relativităţii restrânse (cititorul poate consulta, de exemplu, capitolul 2 din *Universul elegant),* ci să remarc că descoperirea s-a bazat pe o rearanjare simplă, dar fundamentală, a pieselor de Lego ale realităţii, inversarea unor tipare simbolice atât de familiare, încât majoritatea minţilor nici n-au luat în considerare posibilitatea. Este un tip de manevră creatoare care rezonează cu cele mai înalte niveluri ale compoziţiei artistice. Marele pianist Glenn Gould spunea că geniul lui Bach e demonstrat de capacitatea lui de a concepe Unii melodice „care atunci când sunt transpuse, răsturnate, inversate sau transformate ritmic vor prezenta [...] un profil cu totul nou, dar pe deplin armonios”.[17] Geniul lui Einstein s-a bazat pe o capacitate similară şi la fel de stranie de a reconfigura elementele de bază ale cunoaşterii, examinând într-un mod diferit concepte studiate timp de decenii, dacă nu secole, şi combinându-le potrivit unui plan nou. Einstein spunea că gândeşte prin muzică şi se baza adesea pe explorări vizuale, fără ecuaţii sau cuvinte – ceea ce nu-i de mirare. Arta lui Einstein a fost să audă ritmuri şi să vadă tipare care dezvăluiau unitatea profundă a mecanismelor realităţii.

Relativitatea lui Einstein şi fugile lui Bach nu sunt consubstanţiale supravieţuirii, dar sunt exemple perfecte ale capacităţilor umane care au fost esenţiale pentru succesul nostru ca specie. Legătura dintre aptitudinea ştiinţifică şi rezolvarea problemelor puse

de lumea reală este, poate, mai vizibilă, dar minţile care raţionează prin analogie şi metaforă, minţile care reprezintă cu ajutorul culorii şi al texturii, minţile care imaginează prin melodie şi ritm sunt minţi care cultivă un peisaj cognitiv mai înfloritor. E totuna cu a spune că artele au putut juca un rol vital în dezvoltarea flexibilităţii gândirii şi a fluenţei intuiţiei de care strămoşii noştri au avut nevoie pentru a confecţiona suliţe, a inventa gătitul, a utiliza roata şi, mai târziu, a scrie *Misa în şi minor,* iar, şi mai târziu, a sfărâma perspectiva noastră rigidă asupra spaţiului şi timpului. Vreme de sute de mii de ani, artele au putut fi terenul de joc al cogniţiei umane, oferind o arenă sigură pentru antrenarea capacităţilor noastre imaginative şi impregnarea lor cu o puternică aptitudine pentru inovaţie.

Rolurile adaptive ale artei pe care le-am examinat – perfecţionarea inventivităţii şi consolidarea legăturilor sociale – acţionează în tandem. Inovaţia e pedestraşul creativităţii. Coeziunea de grup e armata punerii în aplicare. Succesul în bătălia implacabilă pentru supravieţuire are nevoie de ambele: idei creative puse în aplicare cu succes. Faptul că artele sunt în centrul celor două sugerează un rol adaptiv dincolo de simpla apăsare pe butoanele plăcerii. Desigur, e posibil ca artele să fie un produs secundar insignifiant pentru adaptare, şi totuşi profund plăcut, al unui creier mare adăpostind o minte creativă,

dar pentru mulţi cercetători asta nu acordă suficient credit capacităţii artei de a modela interacţiunea noastră cu realitatea. „Rafinând şi întărind sociabilitatea, pregătindu-ne să folosim resursele imaginaţiei şi făcându-ne mai încrezători în capacitatea de a ne modela viaţa în propriii noştri termeni, arta alterează în mod fundamental relaţia noastră cu lumea”[18], spunea Brian Boyd.

Cred că perfecţionarea ingeniozităţii, exersarea creativităţii, lărgirea perspectivei şi promovarea coeziunii oferă un model pentru rolul artelor în selecţia naturală. Din această perspectivă, artele se alătură limbajului, povestirii, mitului şi religiei ca mijloacele prin care mintea umană gândeşte simbolic, raţionează contrar evidenţei, imaginează liber şi colaborează. De-a lungul timpului, aceste capacităţi au dat naştere lumii noastre, bogată în cultură, ştiinţă şi tehnologie. Chiar dacă credeţi că rolul evolutiv al artei se apropie de cel al prăjiturilor, putem fi cu siguranţă de acord că nenumărate forme de artă au fost o prezenţă constantă şi preţuită în întreaga istorie umană. Ceea ce înseamnă că în vieţile interioare şi în schimburile sociale informaţia faptică transmisă prin limbaj nu e întotdeauna esenţială.

Ce ne spune asta despre artă şi adevăr?

Artă şi adevăr în urmă cu vreo douăzeci de ani, într-una dintre acele superbe zile însorite de toamnă când frunzele devin

roşii şi portocalii, conduceam maşina singur pe autostradă din New York la locuinţa familiei noastre când, aparent de nicăieri, un câine a ţâşnit în faţa maşinii. Am apăsat pe frână, dar cu o clipă înainte ca maşina să se oprească am simţit o izbitură surdă urmată îndeaproape de alta, când roţile din faţă apoi cele din spate au trecut peste câine. Am ridicat căţeaua, încă vie, dar nemişcată, am aşezat-o pe scaunul din faţă şi am pornit în viteză pe drumuri lăturalnice în căutarea unui veterinar. După câteva minute, căţeaua a reuşit cumva să se ridice. I-am pus uşor mâna pe cap, ea l-a sprijinit de scaun, dar a alunecat înapoi. Am oprit pe marginea drumului. Ea m-a privit intens fără să clipească. Durere, spaimă şi resemnare. Apoi, lăsându-şi mai greu corpul pe mâna mea, ca şi cum n-ar fi suportat să rămână singură, a murit.

Am avut animale de companie care au murit. De data asta a fost altfel. Brusc. Forţat. Violent. Cu timpul, şocul s-a atenuat, dar ultimul moment mi-a rămas întipărit în minte. Eul meu raţional ştie că atribui o semnificaţie necuvenită unei întâmplări nefericite, dar foarte frecvente. Totuşi, trecerea de la viaţă la moarte a unui animal pe care l-am întâlnit din întâmplare şi care a murit din cauza mea, deşi neintenţionat, a avut asupra mea un efect straniu şi neaşteptat. Conţinea un anumit adevăr. Nu un adevăr prepoziţional. Nici bazat pe fapte. Nu-l puteam măsura. Dar în clipa aceea am simţit că în percepţia mea asupra lumii s-a produs o uşoară schimbare.

Sunt şi alte câteva experienţe care, fiecare în felul ei, mi-au lăsat o senzaţie asemănătoare. Când am ţinut în braţe primul meu copil; când m-am ghemuit într-o crăpătură în stâncă, lângă San Francisco, în timp ce afară se dezlănţuise o furtună cumplită; când am auzit-o pe fetiţa mea cântând solo la o serbare şcolară; când am rezolvat o ecuaţie care rezistase luni de zile tuturor încercărilor; când, pe malul râului Bagmati, am văzut cum o familie nepaleză săvârşeşte o incinerare rituală; când am coborât – mai bine zis m-am prăvălit – cu schiurile pe o pârtie „diamant dublu”— la Trondheim, şi am reuşit cumva să supravieţuiesc. Fiecare are propria listă. Experienţe care ne acaparează total atenţia şi declanşează reacţii emoţionale pe care le apreciem chiar şi în absenţa – sau poate tocmai datorită absenţei – unei descrieri complet raţionale sau lingvistice. Faptul curios, deşi probabil comun, e că, deşi munca mea se bazează în întregime pe limbaj, nu mă simt deloc îndemnat să explorez aceste experienţe folosind cuvintele. Când mă gândesc la ele nu simt că-mi lipseşte vreo înţelegere care să pretindă clarificări lingvistice. Ele îmi extind lumea fără să fie nevoie de interpretare. Sunt momente în care naratorul meu lăuntric ştie că trebuie să tacă. O viaţă examinată nu e neapărat o viaţă articulată.

Arta cea mai captivantă ne poate induce stări mentale şi corporale comparabile cu acelea produse de întâlnirile noastre cele

mai tulburătoare din lumea reală, transformând şi amplificând într-un mod similar relaţia noastră cu adevărul. Discutarea, analizarea şi interpretarea pot modela aceste experienţe, dar cele mai puternice dintre ele nu se bizuie pe un intermediar lingvistic. într-adevăr, chiar şi în cazul artelor bazate pe limbaj, imaginile şi senzaţiile sunt cele care, în experienţele cele mai emoţionante, lasă amprenta cea mai durabilă. „Atunci când un poet aduce în limbaj o imagine nouă care e în întregime corectă, partea cognoscibilă a existenţei se extinde”[19], spunea poeta Jane Hirshfield. Laureatul Nobel Saul Bellow vorbeşte şi el despre capacitatea unică a artei de a extinde cognoscibilul: „Doar arta răzbate prin ceea ce mândria, pasiunea, inteligenţa şi obişnuinţa ridică de jur-împrejur – aparentele realităţi ale lumii. Există şi o altă realitate, cea autentică, pe care o pierdem din vedere. Această altă realitate ne trimite mereu semnale, pe care nu le putem recepta fără ajutorul artei.” Iar fără cealaltă realitate, observă Bellow făcându-se ecoul unor gânduri exprimate de Proust, existenţa e redusă la o „terminologie în scopuri practice pe care în mod fals o numim viaţă”.[20]

Supravieţuirea se bazează pe acumularea unor informaţii care descriu lumea cu precizie. Iar progresul, în sensul convenţional al unui control sporit asupra mediului, impune înţelegerea clară a felului în care se integrează aceste fapte

în funcţionarea naturii. Ele sunt materia primă pentru atingerea scopurilor practice, sunt baza pentru ceea ce numim adevăr obiectiv şi deseori sunt asociate cunoaşterii ştiinţifice. Dar oricât de cuprinzătoare ar fi o asemenea cunoaştere, ea nu va reuşi niciodată să ofere o descriere exhaustivă a experienţei umane. Adevărul artistic atinge un alt nivel; el ne spune o poveste de nivel superior, care, după cum spunea Joseph Conrad, „invocă acea parte din fiinţa noastră care nu e dependentă de înţelepciune”, şi în schimb se adresează „capacităţii noastre de a ne delecta şi mira, sentimentului misterului care ne înconjoară vieţile; senzaţiilor de compasiune, frumuseţe şi durere; simţământului latent de comuniune cu întrega creaţie [...] în vise, în bucurie, în tristeţe, în aspiraţii, în iluzii, în speranţă, în teamă [...] care uneşte întreaga omenire – pe cei morţi cu cei vii, iar pe cei vii cu cei nenăscuţi.”[21]

Eliberat de veridicitatea rigidă şi dezvoltându-se de-a lungul mileniilor, instinctul creator a explorat în detaliu spectrul emoţional care marchează viziunea lui Conrad asupra călătoriei artistice şi oferă limba vernaculară în care realitatea autentică a lui Bellow ne şopteşte de după colţ. Mai ales scriitorii au făurit lumi cu personaje ale căror vieţi fictive oferă studii profunde asupra comportamentului uman. Odiseu şi periplul răzbunării şi loialităţii, Lady

Macbeth şi ghearele ambiţiei şi vinovăţiei, Holden Caulfield— şi instinctul irepresibil al rebeliunii, Atticus Finch— şi puterea eroismului tăcut, dar nezdruncinat, Emma Bovary şi tragedia cuplurilor, Dorothy— şi drumul sinuos al descoperirii de sine – cunoştinţele despre diversitatea experienţei oferite de aceste lucrări, adevărul artistic pe care ele îl dezvoltă adaugă umbre şi dimensiune unei schiţe altminteri sumare a naturii umane.

Lucrările vizuale şi muzicale, în care limbajul nu e esenţial, oferă experienţe mai vagi. Dar la fel ca cele literare, dacă nu mai mult, ele pot declanşa aceleaşi emoţii care, după cum spunea Conrad, transcend judecata comună; vocile care populează realitatea autentică a lui Bellow ne vorbesc în diverse moduri. Nu pot asculta *Totentanz* de Franz Liszt fără să am o premoniţie viscerală; *Simfonia a Ill-a* de Brahms îmi trezeşte o năzuinţă profundă, insaţiabilă; *Ciaccona* lui Bach e o apoteoză a sublimului; „Oda Bucuriei” din finalul *Simfoniei a IX-a* de Beethoven e pentru mine şi, desigur, pentru o mare parte a lumii, una dintre expresiile cele mai optimiste pe care le-a oferit specia noastră. Reunind muzica şi poezia, „Hallelujah” a lui Leonard Cohen omagiază viaţa imperfectă cu o incomparabilă autenticitate; interpretarea simplă şi desăvârşită de către Judy Garland a piesei „Over the Rainbow” surprinde aspiraţiile tinereţii; „Imagine” a lui John Lennon întruchipează simpla

putere de a imagina posibilul.

La fel ca în cazul momentelor singulare ale vieţii, fiecare dintre noi ne putem aminti opere, din literatură sau film, sculptură sau coregrafie, muzică sau pictură, care ne-au impresionat. Prin aceste experienţe captivante, consumăm „megadoze” de calităţi esenţiale ale vieţii umane. Dar departe de a fi calorii goale, aceste momente de exaltare ne oferă o cunoaştere care altminteri ar fi greu, dacă nu imposibil, de dobândit.

Textierul Yip Harburg, autorul multor piese clasice, între care „Over the Rainbow”, a explicat foarte simplu: „Cuvintele te fac să gândeşti un gând. Muzica te face să simţi un sentiment. Dar un cântec te face să simţi un gând.”[22] *Să simţi un gând.* Pentru mine, aceasta e esenţa adevărului artistic. Aşa cum a subliniat Harburg, a gândi e intelectual, a simţi e emoţional, dar „a simţi un gând e un proces artistic”.[23] Observaţia aceasta se referă la legătura dintre limbaj şi muzică dar, de fapt, ea unifică artele într-un mod mai general. Reacţiile emoţionale pe care le trezeşte arta reverberează în subconştient. în cazul operelor de artă fără cuvinte, aceste experienţe sunt mai puţin direcţionate, iar sentimentele mai vagi. Dar toate formele de artă ne pot face să simţim gânduri, producând un tip de adevăr pe care e improbabil să-l anticipăm prin deliberare conştientă sau analiza faptelor. Un tip de adevăr aflat dincolo de experienţă. Dincolo de raţiunea pură.

Dincolo de domeniul logicii. Dincolo de necesitatea demonstraţiei.

Să nu ne amăgim. Cu toţii *suntem* saci de particule – atât mintea, cât şi corpul –, iar faptele fizice privitoare la particule pot explica pe deplin interacţiunile şi comportamentul lor. Dar aceste fapte, naraţiunea particulelor, aruncă doar o lumină monocromatică asupra poveştilor bogat colorate în care navigăm noi, oamenii, prin lumea complexă a gândirii, percepţiei şi emoţiei. Iar atunci când percepţiile noastre îmbină gândirea şi emoţia, când simţim gândurile, şi nu doar le gândim, experienţele noastre depăşesc şi mai mult graniţele explicaţiei mecaniciste. Dobândim acces la lumi altminteri neexplorate. Aşa cum sublinia Proust, acest lucru se cuvine glorificat. Numai prin artă, observa, putem pătrunde în universul secret al altcuiva, singura călătorie în care cu adevărat „zburăm din stea în stea”, o călătorie ce nu poate fi săvârşită prin „metode directe şi conştiente”.[24]

Deşi concentrată asupra artelor, perspectiva lui Proust rezonează cu concepţia mea despre fizica modernă. „Singura călătorie de descoperire adevărată”, spunea el, „nu constă în a vizita ţinuturi stranii, ci a poseda alţi ochi, a vedea universul prin ochii altcuiva, a o sută de alţi oameni.”[25] Timp de secole noi, fizicienii, ne-am bazat pe matematică şi experiment pentru a ne remodela privirea, a dezvălui straturi ale realităţii neatinse

de generaţiile din trecut, a ne permite să vedem peisaje familiare în moduri noi şi surprinzătoare. Cu aceste instrumente am descoperit că ţinuturile cele mai stranii se ivesc din examinarea atentă a teritoriilor unde am locuit dintotdeauna. Pentru a dobândi însă o asemenea cunoaştere şi a utiliza puterea ştiinţei într-un mod mai general, trebuie să urmăm îndemnul ferm de a privi dincolo de particularităţile modului cum fiecare dintre ansamblurile noastre distincte de molecule şi celule asimilează lumea şi să ne îndreptăm atenţia asupra trăsăturilor obiective ale realităţii. în rest, adevărurile noastre mult prea umane, poveştile noastre ierarhizate, se bazează pe artă. „Pentru a ne vedea chipul folosim o oglindă, pentru a ne vedea sufletul folosim opere de artă”[26], spunea George Bernard Shaw.

Nemurirea poetică

Adesea sunt întrebat care fapt privitor la univers mi se pare cel mai şocant. N-am un răspuns constant. Uneori sugerez maleabilitatea timpului din teoria relativităţii, alteori corelaţia cuantică, ceea ce Einstein numea „fantomatica acţiune la distanţă”. Dar uneori simplific şi sugerez ceva ce majoritatea ştim de când eram elevi. Când privim cerul noaptea, vedem stelele aşa cum au fost cu multe mii de ani în urmă. Folosind telescoape puternice, vedem obiecte astronomice mult mai îndepărtate aşa

cum au fost cu milioane sau miliarde de ani în urmă. Unele dintre aceste surse astronomice poate că nu mai există de mult, dar noi continuăm să le vedem, fiindcă lumina pe care au emis-o cu mult timp în urmă încă mai călătoreşte. Lumina oferă iluzia unei prezenţe. Şi nu doar pentru stele. Imperturbabile, fascicule de radiaţie reflectate poartă amprentele noastre peste o întindere arbitrară de spaţiu şi timp, o nemurire poetică ce străbate cosmosul cu viteza luminii.

Aici, pe Pământ, nemurirea poetică ia o altă formă. Aspiraţia de a trăi atât timp cât dorim nu a fost satisfăcută, cel puţin până acum, şi poate că nu va fi niciodată. Dar mintea creatoare, capabilă să hoinărească liber prin lumi imaginare, poate să exploreze nemurirea, să cutreiere eternitatea şi să se întrebe de ce căutăm, dispreţuim sau ne e teamă de timpul infinit. Vreme de milenii artiştii au făcut tocmai asta. în urmă cu vreo douăzeci şi cinci de secole, Sappho, poetă din Grecia antică, deplângea caracterul inevitabil al schimbării („Voi, fetelor, căutaţi darurile minunate ale Muzelor în veşmânt de violete / în sunet limpede şi melodios de liră; / cât despre mine – bătrâneţea a pus stăpânire pe trupul meu cândva fraged”), temperat de povestea-avertisment a lui Tithonos—, un muritor căruia zeii i- au dăruit nemurirea, dar nu şi tinereţea veşnică, aşa încât a rămas să îndure pentru eternitate ravagiile bătrâneţii. Un ultim vers, pe care unii

erudiţi îl consideră adevăratul final al poemului („Eros mi-a dăruit frumuseţea şi strălucirea Soarelui”) sugerează că, prin căutarea pătimaşă a vieţii exprimată în poezia ei, Sappho anticipa transcenderea declinului fizic şi dobândirea unei străluciri atemporale; prin poezia ei, ea imagina atingerea unei nemuriri simbolice.[27]

Este o versiune a unei strategii de negare a morţii prin care noi, muritorii, căutăm să trăim prin realizările noastre eroice, contribuţiile influente sau operele creatoare. Scara unei asemenea nemuriri necesită o ajustare antropocentrică, de la eternitate la durata civilizaţiei – un cost semnificativ, dar compensat de recunoaşterea faptului că, spre deosebire de echivalentul ei concret, versiunea simbolică a nemuririi este reală. Singura problemă e una de strategie. Care vieţi vor fi amintite? Care opere vor dăinui? Şi cum să ne asigurăm că vieţile şi operele noastre vor fi printre ele?

Două milenii după Sappho, Shakespeare a reflectat asupra rolului artei şi al artistului în modelarea memoriei lumii. Abordând subiectul unui epitaf pe care îşi imaginează că-l compune, Shakespeare observă: „Când cei de azi de mult se vor fi dus; / Vei fi – atât e pana mea de tare – / Mereu pe buze ca o răsuflare.” Un beneficiu, afirmă Shakespeare, de care el însuşi nu se va bucura: „Nemuritor aici e al tău nume. / Măcar că eu plecat pe veci... în groapă; / Când oamenii mă vor

uita în lume, / Pe tine te-or păstra sub a lor pleoapă.”— Fireşte, ne dăm seama de stratagema lui Shakespeare: întrucât cuvintele poetului vor fi citite şi recitate, subiectul epitafului e doar un vehicul prin care poetul să obţină nemurirea, chiar dacă la modul simbolic. Şi, într-adevăr, peste secole, Shakespeare este cel care trăieşte în continuare.

După ce a părăsit Cercul de la Viena al lui Freud, Otto Rank şi-a elaborat teza că urmărirea nemuririi simbolice e una dintre principalele forţe motrice ale comportamentului uman. Impulsul artistic, credea Rank, reflectă asumarea de către minte a responsabilităţii propriului destin, curajul ei de a reconstrui realitatea şi a se angaja pe întreaga viaţă într-un proiect de modelare a sinelui său. Artistul optează pentru sănătatea psihică acceptând mortalitatea – vom muri, nu-i nimic de făcut, să trecem peste asta – şi dând aspiraţiei către eternitate o formă simbolică purtată de operele sale creatoare. Perspectiva aceasta pune într-o altă lumină clişeul artistului chinuit. Potrivit lui Rank, a învinge mortalitatea prin creaţie artistică e o cale către echilibrul mintal. Sau, aşa cum spunea scriitorul şi criticul Joseph Wood Krutch: „Omul are nevoie de eternitate, după cum o dovedeşte istoria aspiraţiilor sale; dar eternitatea artei este, după toate probabilităţile, singura pe care o va dobândi vreodată.”[28]

E posibil ca această dinamică să fi

acţionat în urmă cu zeci de mii de ani, lămurind de ce am dedicat energie unor activităţi fără legătură cu nevoile imediate de hrană şi adăpost? Ar putea să explice de ce, de-a lungul mileniilor, căutările artistice au rămas componente esenţiale în structura tuturor culturilor umane? Categoric da. Indiferent dacă viziunea atotcuprinzătoare a lui Rank nimereşte sau nu ţinta, putem foarte bine să ni-i imaginăm pe strămoşii noştri percepându-şi natura muritoare, năzuind să se agaţe de lumea lor şi s-o marcheze cu ceva emblematic, ceva creat de ei înşişi, ceva durabil. Ne putem imagina că acea năzuinţă întrerupe concentrarea altminteri asiduă asupra supravieţuirii, iar cu timpul e întărită şi rafinată prin plăcerea colectivă de a-l însoţi pe artist în lumile imaginare ivite din mintea omenească.

Deşi puţinătatea dovezilor reduce analiza trecutului îndepărtat la simple ipoteze, în epoca modernă întâlnim o mulţime de opere care reflectează în profunzime asupra mortalităţii şi eternităţii.[29] Walt Whitman credea că e intolerabil să-i atribui morţii un caracter final: „Te temi de moarte? Dacă m-aş teme de moarte, aş muri chiar acum. / Crezi că aş păşi vesel şi binedispus către anihilare? [...] / Jur că nu cred decât în nemurire!” Pentru William Butler Yeats, anticul oraş Bizanţ era destinaţia unde ar putea fi eliberat de forma sa fizică muritoare şi de grijile omeneşti, permiţându-i-se intrarea

într-un tărâm atemporal: „Călăuziţi-mi spiritul bolnav de-atâta sete; / Prea strâns legat de animalul trup nici nu mai ştiu / Sufletul-mi cât suflet este şi cât lut – dacă se poate / Chemaţi-mă-acolo-n casa voastră din eternitate.”[30]— Herman Melville spunea că moartea navighează împreună cu noi chiar şi atunci când furtuna pare să se fi domolit: „Toţi se nasc cu ştreangul de gât, însă doar atunci când se prind în vârtejul rapid şi subit al morţii îşi dau seama muritorii de primejdiile ascunse, tăcute şi omniprezente ale vieţii.”[31] Edgar Allan Poe a dus negaţia morţii la limită dând glas victimelor înmormântărilor premature care se zbat să scape din îmbrăţişarea morţii: „Am urlat de groază: mi-am înfipt unghiile în coapse şi m-am rănit; sicriul era scăldat în propriu-mi sânge; şi zgâriind pereţii de lemn ai închisorii mele cu aceeaşi înverşunare mi- am sfâşiat degetele şi mi-am tocit unghiile până-n carne, curând nemaiputând să mă mişc de epuizare.”[32] Prin vocea patriarhului fictiv Big Daddy Pollitt, Tennessee Williams observa că „ignorarea mortalităţii este o alinare. Omul nu are acea alinare, el este singura fiinţă vie care concepe moartea”, şi prin urmare „dacă are bani, el cumpără şi cumpără şi cumpără, iar eu cred că motivul pentru care cumpără tot ce poate cumpăra e că în adâncul minţii nutreşte speranţa absurdă că una dintre achiziţiile sale va fi viaţa veşnică!”[33]

Prin personajul său Arkadi Svidrigailov,

Dostoievski a susţinut o perspectivă diferită, plictisită de reverenţa pretinsă de eternitate: „Ca idee, ne reprezentăm întotdeauna veşnicia drept ceva ce nu poate fi înţeles, ceva uriaş, imens! Dar de ce trebuie să fie neapărat imensă? Şi dacă veşnicia nu-i decât o magherniţă oarecare, închipuieşte-ţi, o singură odaie, un fel de baie ţărănească, afumată, cu pânze de păianjen prin colţuri? Eu, uneori, aşa îmi închipui că este.”[34] E un sentiment exprimat şi de Sylvia Plath: „O, Doamne, nu mă asemui cu tine / în hăul tău negru, / Spuzit de stele, sclipitoare confetti, prosteşti. / Eternitatea ta mă plictiseşte, / N-am vrut- o niciodată.”[35], şi adoptat la modul lejer de Douglas Adams printr-un personaj devenit nemuritor din întâmplare, Wowbagger cel Prelungit la Infinit, care plănuieşte să-şi alunge plictiseala insultându-i sistematic pe toţi locuitorii universului, în ordine alfabetică.[36]

Spectrul dispoziţiilor, de la aspiraţie la dispreţ, demonstrează ideea mai amplă: recunoaşterea timpului limitat care ne-a fost hărăzit a generat o relaţie artistică intensă cu conceptul de eternitate. Viaţa examinată examinează moartea. Iar pentru unii, a examina moartea înseamnă a da frâu liber imaginaţiei să-i conteste dominaţia şi să invoce tărâmuri aflate dincolo de hotarele ei. Oricât de aprins ar discuta cercetătorii despre utilitatea lor evolutivă, rolul lor în edificarea coeziunii sociale, necesitatea lor pentru gândirea

inovatoare şi poziţia lor în panteonul impulsurilor primare, artele oferă mijloacele noastre cele mai grăitoare pentru a da expresie lucrurilor pe care le considerăm cele mai importante – între care viaţa şi moartea, finitul şi infinitul.

Pentru mulţi, între care mă număr şi eu, expresia cea mai concentrată este cea dăruită de muzică. Muzica poate oferi o imersiune atât de învăluitoare, încât în doar câteva clipe ai senzaţia că ai păşit dincolo de timp. Violoncelistul şi dirijorul Pablo Casals a descris puterea muzicii de „a insufla fervoare spirituală activităţilor obişnuite, a da aripi de eternitate lucrurilor cele mai efemere”.[37] Este o fervoare care ne face să ne simţim parte din ceva mai vast, ceva care afirmă în mod visceral „convingerea invincibilă a solidarităţii care ţese laolaltă singurătăţile a nenumărate inimi”[38], după cum spunea Conrad. împreună cu compozitorul ori cu alţi ascultători, sau printr-o formă mai abstractă de comuniune, muzica invită la conexiune. Iar printr-o asemenea conexiune experienţa muzicii transcende timpul.

La sfârşitul anilor 1960, elevilor din clasa a treia ai doamnei Gerber, de la Şcoala Publică nr. 87 din Manhattan, li s-a cerut să discute cu un adult la alegerea lor şi să scrie un scurt referat în care să explice profesia acestuia. Eu am ales calea cea mai uşoară şi am stat de vorbă cu tatăl meu – un compozitor şi interpret care îşi cita cu mândrie titlul academic,

„SPhD” *(Seward Park High School dropout,* „elev care a abandonat studiile la Liceul Seward Park). în clasa a zecea, tatăl meu a lăsat baltă cărţile şi a pornit la drum, cântând şi dând reprezentaţii prin toată ţara. A trecut mai bine de o jumătate de secol de la acea temă şcolară, dar un lucru pe care mi l-a spus atunci nu l-am uitat niciodată. Când l-am întrebat de ce a ales muzica, mi-a răspuns: „Ca să alung singurătatea.” După care a trecut repede la un ton mai optimist, mai potrivit pentru referatul unui elev de clasa a treia, dar momentul acela necenzurat a fost revelator. Muzica a fost colacul lui de salvare. A fost versiunea lui a solidarităţii lui Conrad.

Puţini compozitori au reuşit să impresioneze omenirea. Tatăl meu n-a fost unul dintre ei, lucru care l-a îndurerat. Melodiile şi ritmurile scrise cu mâna pe sute de pagini îngălbenite, multe dinainte ca eu să mă fi născut, nu mai interesează acum decât familia noastră. Eu sunt poate singurul care mai ascultă uneori baladele, cântecele şi lucrările pentru pian pe care le-a compus în anii 1940 şi 1950. Pentru mine, aceste compoziţii sunt o comoară, o legătură care-mi permite să percep gândurile tatălui meu dintr-o perioadă când abia începea să-şi croiască drumul în lume.

Muzica are puterea remarcabilă de a crea o asemenea legătură profundă, chiar şi între oameni pe care nu-i unesc legături de familie, trăind în epoci diferite şi în

lumi diferite. O descriere emoţionantă i se datorează lui Helen Keller—, una dintre eroinele singulare ale istoriei. Pe 1 februarie 1924, postul de radio WEAF din New York City a transmis *Simfonia a IX-a* a lui Beethoven interpretată de Orchestra Simfonică din New York. Acasă, Helen Keller şi-a pus mâinile pe membrana neacoperită a unui difuzor şi prin intermediul vibraţiilor a putut să simtă muzica, să trăiască ceea ce ea a numit „simfonia nemuritoare”, chiar să distingă instrumente individuale. „Când vocile umane s-au detaşat vibrând din crescendoul armoniei, le-am recunoscut numaidecât ca voci. Am simtit cum corul devine tot mai triumfător, mai extatic, înălţându-se ca o flacără, până când inima aproape că mi s-a oprit.” Iar atunci, vorbind despre sunete care ating spiritul, despre muzica reverberând în eternitate, ea a conchis:

> „în timp ce ascultam, cu întunericul şi melodia, umbre şi sunete umplându-mi camera, nu am putut să nu-mi amintesc că marele compozitor care a revărsat asupra lumii un asemenea potop de frumuseţe era surd la fel ca mine. M-am minunat de puterea spiritului său neînfrânt, prin care din propria-i suferinţă a creat atâta bucurie pentru alţii – şi am stat, simţind cu mâna simfonia magnifică izbindu-se precum marea de ţărmul tăcut al sufletului său şi al meu.”[39]

23. Georgia O’Keeffe (1887-1986), pictoriţă americană cunoscută pentru picturile în format mare ale unor forme naturale, îndeosebi flori şi oase, şi pentru reprezentarea zgârie-norilor din New York şi a unor peisaje şi elemente arhitecturale specifice părţii de nord a statului New Mexico (n. tr.).

24. *Manacus manacus,* pasăre de mici dimensiuni (10-11 cm) care trăieşte în zonele tropicale ale Americii de Sud. Numele de manakin cu care sunt desemnate cele 54 de specii ale familiei *Pipridae* provine din cuvântul olandez *mannekijn,* „omuleţ” (n. tr.).

25. În engleză *bowerbird,* numele generic a 20 de specii de păsări din familia *Ptilonorhynchidae,* răspândite în Australia şi Noua Guinee (n. tr.).

26. Lucian Freud (1922-2011), pictor britanic, nepotul lui Sigmund Freud, cunoscut în egală măsură pentru talentul artistic şi comportamentul neconvenţional (n. tr.).

27. *Double Diamond;* gradul maxim de dificultate în clasificarea pârtiilor de schi (n. tr.).

28. Protagonistul adolescent al romanului *The Catcher in the Rye* (1951; *De veghe în lanul de secară)* al scriitorului american Jerome David Salinger (1919- 2010) (n. tr.).

29. Personaj din romanul scriitorului american Nelle Harper Lee (n. 1926), *To kill a mocking bird* (1960; *Să ucizi o pasăre cântătoare)* (n. tr.).

30. Eroina unei serii de cărţi pentru copii ale scriitorului american Lyman Frank Baum (1956-1919) despre imaginara ţară Oz (n. tr.).

31. Unul dintre fiii lui Laomedon, regele Troiei, deci frate cu Priam. în tinereţe era

foarte frumos, iar Eos, zeiţa zorilor, s-a îndrăgostit de el. Ea l-a rugat pe Zeus să-i acorde iubitului ei nemurirea, dar a uitat să ceară şi tinereţe veşnică. Cu trecerea anilor, Tithonos a îmbătrânit, devenind de nerecunoscut. La început, Eos l- a îngrijit, dar mai apoi La zăvorât într-o încăpere unde a rămas pe vecie. într-o altă versiune, Eos l-a preschimbat într-o cicadă, cea mai zgomotoasă insectă, astfel încât să- i poată auzi mereu vocea (n. tr.).

32. *Sonetul 81;* trad. de Mihail Sebastian (n. tr.).

33. Traducere de Petru Dimofte (n. tr.).

34. Hellen Keller (1880-1968), autoare şi educatoare americană. La vârsta de 19 luni, în urma unei boli, a rămas oarbă şi surdă. Cu ajutorul profesoarei Anne Sullivan a învăţat să simtă obiectele şi să le asocieze cuvinte transmise prin semnale făcute cu degetul în palma mâinii, să citească texte imprimate în relief şi să formeze ea însăşi propoziţii aranjând cuvintele într-un cadru. A învăţat de asemenea să vorbească şi să „citească” cuvintele rostite atingând buzele şi gâtul vorbitorului. Este autoarea mai multor cărţi autobiografice (n. tr.).

9. DURATA ŞI NEPERMANENŢA

De la sublim la ultimul gând

Fiecare cultură posedă o idee de atemporal, o reprezentare venerată a permanenţei. Suflete nemuritoare, povestiri sacre, zei atotputernici, legi eterne, artă transcendentă, teoreme matematice. Totuşi, cuprinzând categorii de la supranatural la abstracţiunea pură, permanenţa e un lucru la care noi, oamenii, râvnim, dar nu-l obţinem niciodată. Momentele când ne apropiem cel mai mult – când senzaţia timpului a fost atenuată, fie ca urmare a unei întâlniri euforice sau tragice, a unui stimul meditativ sau chimic, a unei experienţe religioase sau artistice sublime – pot oferi experienţele cele mai formatoare ale vieţii.

*

Cu decenii în urmă, împreună cu alţi opt adolescenţi, participam la un curs de supravieţuire în pădurile din Vermont. într-o noapte târziu, când toţi dormeam în corturile noastre, instructorii au zbierat la noi să ne sculăm şi să ne îmbrăcăm rapid. Urma să facem o plimbare nocturnă neprevăzută. Ţinându- ne de mână şi mergând în şir indian prin întuneric, ne-am croit cu greu drum prin pădurea deasă, hăţişurile stufoase şi, spre marea noastră plăcere, o mlaştină noroioasă adâncă până la brâu. Uzi, îngheţaţi şi acoperiţi de nămol,

am ajuns în sfârşit într-un luminiş din apropiere, unde ni s-a spus că toţi cei nouă ne vom petrece acolo restul nopţii având numai trei saci de dormit. înţelegând inutilitatea protestelor noastre, oricât de vehemente, am unit prin fermoare sacii de dormit, ne-am dezbrăcat şi ne-am înghesuit sub acea plapumă improvizată. Mulţi au înjurat, alţii au promis să abandoneze cursul, câţiva au plâns. Dar atunci s-a arătat cea mai minunată privelişte. O auroră boreală strălucitoare a umplut cerul nopţii. Nu mai văzusem niciodată aşa ceva. Vârtejurile diafane de lumină, spectaculosul amestec al culorilor, totul pe fondul unui număr aparent infinit de stele. Dintr-odată m- am aflat în alt loc. Excursia, mlaştina, frigul, înghesuiala trupurilor aproape goale – toate făceau acum parte dintr-o întoarcere în timpuri primordiale. Om, natură, univers. întins pe pământ, eram învăluit de dansul luminilor. Fără nici una dintre înlesnirile civilizaţiei, am fost absorbit de stelele îndepărtate. Nu ştiu cât timp am privit cerul înainte să mă cuprindă somnul, minute sau ore. Durata nu contează. Pentru un scurt moment, timpul s-a dizolvat.

Episoadele având această calitate atemporală sunt rare. Şi efemere. Timpul, în cea mai mare parte, e un însoţitor constant. Nepermanenţa stă la baza experienţei. Venerăm absolutul, dar suntem legaţi de vremelnicie. Chiar şi acele trăsături ale cosmosului care par durabile – întinderea spaţiului, galaxiile îndepărtate, materia – sunt, toate, sub stăpânirea timpului. Aşa

cum vom vedea în acest capitol şi în următorul, universul şi tot ce conţine el e nestatornic şi precar.

Evoluţie, entropie şi viitor

Sub faţada stabilă a realităţii, ştiinţa a dezvăluit o dramă permanentă a agitaţiei particulelor în care e tentant să atribuim evoluţiei şi entropiei rolul unor personaje încleştate într-o luptă perpetuă pentru control. în această viziune, evoluţia construieşte structuri, în vreme ce entropia le distruge. Pare o poveste mulţumitoare, dar, aşa cum am văzut în capitole anterioare, există un impediment: ea nu e întru totul adevărată. Asemenea multor schite

*

simplificate, ea conţine un oarecare adevăr. Evoluţia *este* implicată în construirea structurilor. Entropia *tinde* să degradeze structurile. Dar entropia şi evoluţia nu trag neapărat în direcţii opuse. Pasul entropie în doi permite unei structuri să prospere într-un loc, atâta timp cât entropia e expulzată altundeva. Viaţa, una dintre principalele realizări ale evoluţiei, întruchipează acest mecanism, consumând energie de calitate înaltă, folosind-o pentru a menţine şi ameliora aranjamentele ordonate, şi expulzând în mediu reziduri entropice. De-a lungul a miliarde de ani, schimbul cooperativ între entropie şi evoluţie a dat naştere unor aranjamente specifice desăvârşite, incluzând o viaţă şi o minte

capabile să producă *Simfonia a IX-a* şi un număr incomparabil mai mare de vieţi şi minţi capabile să-i perceapă sublimul.

Ajunşi în acest punct al călătoriei care ne-a dus de la big bang la Beethoven şi îndreptându-ne spre viitor, vor continua evoluţia şi entropia să fie factori decisivi care călăuzesc schimbarea? în ce priveşte evoluţia darwinistă, s-ar putea crede că răspunsul e negativ.[1] Dependenţa succesului reproductiv de structura genetică este motivul pentru care selecţia darwinistă conduce de mult timp corabia evoluţiei. O deosebire importantă în vremurile recente ţine de intervenţia medicinei moderne şi, în general, de protecţia oferită de civilizaţie. Unor genotipuri care cu greu ar fi supravieţuit în vechea savană africană le merge foarte bine în New Yorkul de azi. în multe părţi ale lumii, profilul genetic nu mai e factorul dominant care determină dacă mori în copilărie sau zămisleşti o descendenţă numeroasă ca adult. Fireşte, nivelând porţiuni ale terenului de joc genetic, progresele moderne ajustează mai vechi presiuni selective, iar astfel exercită propriul tip de influentă evolutivă. Cercetătorii semnalează de

*

asemenea numeroase presiuni care induc tendinţe în fondul genetic, între care obiceiurile alimentare (de exemplu, dietele bogate în produse lactate favorizează sistemele digestive în care producerea lactozei se prelungeşte dincolo de perioada copilăriei), condiţiile de mediu (de exemplu, viaţa la mare altitudine favorizează

adaptările pentru a supravieţui cu mai puţin oxigen) şi preferinţele în alegerea partenerului (de exemplu, în unele ţări înălţimea medie tinde să evolueze către staturi
*
considerate mai atrăgătoare de persoanele active în reproducere).[2] Dar cel mai mare impact îl are pesemne capacitatea nou descoperită de a edita direct profilele genetice. Tehnici care progresează rapid pot extinde mecanismele variaţiei genetice – mutaţiile aleatorii şi amestecul sexual – pentru a include proiectul deliberat. Dacă un cercetător ar descoperi o reconfigurare genetică extinzând durata vieţii la două sute de ani, având ca efecte secundare o piele azurie, o statură de trei metri şi un libido vorace pentru indivizi de aceeaşi culoare, evoluţia ar acţiona foarte vizibil, un grup autoselectat de umanoizi longevivi de tipul Na'vi— răspândindu-se rapid. Cu posibilitatea de a remodela în întregime viaţa şi, poate, de a proiecta o versiune de conştiinţă senzorială – biologică, artificială sau o varietate hibridă – ale cărei puteri să depăşească mult capacităţile noastre actuale, e greu de spus unde vor duce toate acestea.

Pentru entropie, răspunsul la întrebarea privind relevanţa ei în viitor este cu siguranţă afirmativ. Cu multe capitole în urmă am văzut că legea a doua a termodinamicii e o consecinţă generală a aplicării raţionamentului statistic legilor de bază ale fizicii. E posibil ca viitoare descoperiri să revizuiască legile pe care

acum le considerăm fundamentale? Aproape sigur. îşi vor păstra entropia şi legea a doua rolul explicativ proeminent? De asemenea, aproape sigur, în tranziţia de la cadrul clasic la cel radical diferit al

*

fizicii cuantice, aparatul matematic care descrie entropia şi legea a doua a necesitat o actualizare, dar fiindcă aceste concepte rezultă din raţionamente probabilistice absolut generale, ele rămân la fel de valabile. Anticipăm că la fel se va întâmpla, indiferent de viitoarele evoluţii în înţelegerea fizicii. Nu-i vorba că nu ne putem imagina legi fizice care să facă entropia şi legea a doua irelevante, dar aceste legi ar trebui să încalce flagrant caracteristicile realităţii inerente în tot ce ştim şi tot ce am măsurat, încât majoritatea fizicienilor exclud din capul locului o asemenea posibilitate.

în imaginarea viitorului, o incertitudine mai mare se leagă de controlul asupra mediului ce va putea fi exercitat de noi sau de o inteligenţă ce va să vină. Ar putea viaţa inteligentă să controleze destinul pe termen lung al stelelor, galaxiilor sau chiar al cosmosului în întregime? Ar putea o asemenea inteligenţă să transfere deliberat entropia la scări vaste, reducând-o efectiv pe întinderi enorme ale spaţiului, o versiune la scară cosmică a pasului entropie în doi? Ar putea chiar avea capacitatea de a proiecta şi crea întregi noi universuri? Oricât de incredibile ar părea aceste acţiuni, ele se situează în limitele posibilului. Dilema pentru noi e că impactul

lor asupra viitorului depăşeşte cu totul capacitatea noastră de predicţie. Chiar şi într-o lume deterministă, din care lipseşte liberul-arbitru tradiţional, largul repertoriu comportamental al inteligenţei – versiunea de libertate pe care o dobândeşte inteligenţa – face ca anumite tipuri de predicţie să fie esenţialmente imposibile. Fără îndoială că în viitor gândirea va dispune de metode şi tehnologii de calcul incomparabile, dar bănuiesc că prezicerea unor evoluţii pe termen lung aflate în strânsă legătură cu viaţa şi inteligenţa va rămâne imposibilă.

Şi atunci, cum să procedăm?

Vom presupune că legile fizicii cunoscute în prezent, acţionând în modul nedirijat în care e de presupus că au făcut-o de la big bang încoace, vor fi influenţa dominantă care călăuzeşte evoluţia cosmică. Nu vom lua în considerare posibilitatea ca legile înseşi sau chiar „constantele” numerice ale naturii să se schimbe. Nici posibilitatea ca aceste legi sau constante să se modifice deja lent, modificări care în prezent sunt poate prea mici ca să lase vreo urmă, dar care s-ar putea să existe, iar la o scară temporală vastă să se acumuleze, ducând la schimbări substanţiale.[3] Şi nici posibilitatea ca domeniul asupra căruia o viitoare inteligenţă va exercita un control structural să se extindă la scara galaxiilor şi mai departe. într-adevăr, sunt o mulţime de „nu” şi „nici”. Dar, în lipsa oricăror dovezi care să ne călăuzească, investigarea acestor posibilităţi ar însemna să bâjbâim în

întuneric. Dacă aceste presupuneri contravin aşteptărilor voastre privind viitorul, puteţi considera că expunerea din capitolul de faţă şi din cel următor reflectă evoluţii cosmologice care s-ar produce în absenţa unor asemenea schimbări sau a unei intervenţii

*

inteligente. Bănuiala mea este că clarificările aduse de viitoare descoperiri, precum şi influenţele exercitate de viitoare inteligenţe, deşi neîndoios
relevante pentru detaliile expunerii care urmează, nu vor necesita rescrierea în întregime a evoluţiei cosmice pe care o vom examina.[4] O presupunere îndrăzneaţă, poate, dar este drumul cel mai rapid pentru a înainta, şi îl vom urma cu curaj.[5]

Aşa cum va reieşi limpede din paginile ce urmează, însuşi faptul că putem însăila o expunere convingătoare, chiar dacă provizorie, care conturează evoluţia cosmică exponenţial de departe în viitor, este o realizare extraordinară, modelată de mâinile multora şi la fel de emblematică pentru năzuinţa umană către coerenţă ca şi cele mai preţuite poveşti, mituri, religii şi creaţii artistice ale speciei noastre.

Un imperiu al timpului

Cum trebuie să ne organizăm gândirea asupra viitorului? Intuiţia umană este rezonabil de bine

*

adaptată pentru a înţelege scările temporale ale experienţei comune, dar în analizarea

unor ere cosmologice cheie ale viitorului vom pătrunde în domenii temporale atât de vaste, încât şi cele mai bune analogii pot oferi doar o idee vagă despre duratele implicate. Nu există însă o cale mai bună decât analogiile bazate pe dimensiuni familiare pentru a oferi repere într-o asemenea ascensiune nefamiliară; de aceea, să ne imaginăm că cronologia universului se extinde pe înălţimea lui Empire State Building, fiecare etaj reprezentând o durată de zece ori mai mare decât precedentul. Primul etaj reprezintă primii zece ani după big bang, al doilea etaj reprezintă o sută de ani, al treilea o mie de ani etc. Cum arată limpede numerele, duratele cresc rapid pe măsură ce urcăm de la un etaj la altul – simplu de spus, dar uşor de interpretat greşit. A urca, să zicem, de la etajul 12 la etajul 13 echivalează cu a examina universul de la un bilion la zece bilioane de ani după big bang. în ascensiunea acelui singur etaj s-au scurs nouă bilioane de ani, considerabil mai mult decât întreaga durată reprezentată de toate etajele precedente. Acelaşi tipar rămâne valabil pe măsură ce continuăm să urcăm: durata reprezentată de fiecare etaj e cu mult mai mare, exponenţial mai mare, decât durata reprezentată de etajele inferioare.

Durata unei vieţi umane fiind de aproximativ o sută de ani, imperiile durabile rezistând în jur de o mie de ani, speciile vivace perpetuându-se milioane de ani, etajele tot mai înalte ale Empire State Building reprezintă durate de un tip cu totul

aparte, aparent veşnice. Când ajungem pe platforma de observaţie a zgârie-norului de la etajul 86, se vor fi scurs IO^{86} ani
-
100.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.00i
000.000.000.000.000.000.000.000.000 – de la big bang, o scară temporală inimaginabilă care depăşeşte orice durată relevantă pentru orice strădanie umană. Şi totuşi, în pofida tuturor zerourilor, când ajungem în punctul cel mai înalt al clădirii, la etajul 102, durata reprezentată de platforma de observaţie va fi, prin comparaţie, mult mai mică decât grosimea stratului de vopsea care acoperă ultima treaptă.

în prezent au trecut aproximativ 13,8 miliarde de ani de la big bang, ceea ce înseamnă că toate evoluţiile discutate în capitolele precedente sunt răspândite între parterul lui Empire State Building şi primele câteva trepte deasupra etajului 10. De aici încolo, ne îndreptăm exponenţial spre viitor.

Să începem ascensiunea.

Soarele negru

Primii noştri strămoşi, chiar fără să înţeleagă că Soarele scaldă Pământul într-o ploaie continuă de energie cu entropie scăzută esenţială pentru viaţă, au recunoscut importanţa fundamentală a ochiului vigilent al cerului, o prezenţă arzătoare care supraveghează toată forfota existenţei cotidiene. Când Soarele apunea, ei ştiau că va răsări din nou, producând cel mai remarcabil şi mai de

încredere tipar din lume. Dar, la fel de sigur, cândva ritmul acesta va înceta.

Timp de aproape cinci miliarde de ani, Soarele şi- a susţinut masa imensă împotriva forţei zdrobitoare a gravitaţiei prin energia produsă de fuziunea nucleelor de hidrogen în miezul său. Acea energie alimentează un mediu frenetic de particule în mişcare rapidă care exercită o puternică presiune spre exterior. Şi, la fel cum presiunea produsă de o).OŞfiifi^QfâOaQ0âiiMih0QOjQ0ârie gonflabilă, presiunea produsă de fuziune susţine Soarele, împiedicându-l să colapseze sub propria-i greutate enormă. Starea aceasta de echilibru dinamic între gravitaţia care atrage spre interior şi particulele care împing spre exterior se va menţine încă vreo cinci miliarde de ani. Apoi echilibrul se va rupe. Deşi Soarele va fi încă plin cu nuclee de hidrogen, prea puţine se vor mai afla în miezul său. Fuziunea hidrogenului produce heliu, nuclee care sunt mai grele şi mai dense decât hidrogenul, iar la fel cum nisipul aruncat într-un iaz dezlocuieşte apa şi se depune pe fund, heliul dezlocuieşte hidrogenul şi umple centrul Soarelui.

Aceasta are consecinţe majore.

în centrul Soarelui sunt cele mai mari temperaturi, în prezent aproximativ cincisprezece milioane de grade, mult peste cele zece milioane de grade necesare pentru fuziunea hidrogenului în heliu. Dar fuziunea nucleelor de heliu necesită o temperatură în jur de o sută de milioane de grade, întrucât temperatura

Soarelui e departe de acest prag, pe măsură ce heliul înlocuieşte hidrogenul din zona centrală, rezerva de combustibil de fuziune scade. Presiunea spre exterior generată prin producerea energiei de fuziune în centru va scădea, şi ca urmare atracţia gravitaţională spre interior va ajunge să domine. Soarele va începe să implodeze. Concomitent cu colapsul impunătoarei sale mase, temperatura Soarelui va creşte vertiginos. Presiunea şi căldura intensă, dar încă departe de condiţiile necesare pentru a începe combustia heliului, vor declanşa o nouă rundă de fuziune într-un strat subţire de nuclee de hidrogen care înconjoară miezul de heliu. în aceste condiţii extreme, fuziunea hidrogenului va decurge într-un ritm extraordinar de rapid, generând o presiune spre exterior mai intensă decât oricând înainte, care nu numai că opreşte implozia, dar face ca Soarele să se dilate colosal.

Soarta planetelor interioare depinde de echilibrul dintre doi factori. Cât de mult se va dilata Soarele? Iar, în acest proces, câtă masă va pierde? Ultima întrebare este relevantă deoarece, cu motorul nuclear funcţionând la capacitatea maximă, un mare număr de particule din stratul exterior al Soarelui vor fi expulzate constant în spaţiu. Pe de altă parte, un Soare cu o masă mai mică va exercita o atracţie

*

gravitaţională mai slabă, făcând ca

planetele să migreze pe orbite mai îndepărtate. Condiţia ca raza traiectoriei unei planete să depăşească dilatarea Soarelui determină viitorul acelei planete.

Simulările pe calculator care includ modele solare detaliate conchid că Mercur va pierde cursa şi va fi înghiţit de Soarele dilatat, vaporizându-se rapid. Marte, orbitând la o distanţă mai mare, are un avantaj din start, şi va fi în siguranţă. Soarta lui Venus e probabil pecetluită, deşi din unele simulări rezultă că raza noii sale orbite – deci şi a Pământului – va fi ceva mai mare decât cea a Soarelui.[6] Dar, chiar dacă Pământul va fi cruţat, condiţiile aici se vor schimba drastic. Temperatura la suprafaţa lui va ajunge la câteva mii de grade, suficient pentru a evapora oceanele, a expulza atmosfera şi a inunda suprafaţa cu lavă topită. Condiţii neplăcute, fără îndoială, dar giganticul Soare roşu revărsat pe cer va fi o privelişte impresionantă. Privelişte pe care, aproape sigur, nu o va vedea nimeni. Dacă urmaşii noştri vor supravieţui (reuşind să evite autodistrugerea, agenţii patogeni letali, dezastrele ecologice, asteroizii mortali şi invaziile extraterestre, între alte posibile catastrofe) şi vor dori să prospere în continuare, ei vor fi abandonat de mult Pământul în căutarea unui cămin mai ospitalier.

Pe măsură ce nucleele de hidrogen care înconjoară miezul de heliu al Soarelui continuă să fuzioneze, heliul suplimentar astfel produs va cădea spre centru,

forţând miezul să se contracte şi mai mult şi producând o nouă creştere a temperaturii. La rândul ei, temperatura mai mare va accelera ciclul: viteza fuziunii hidrogenului în stratul înconjurător creşte, furtuna de heliu ce se abate asupra miezului se intensifică, iar temperatura atinge valori şi mai înalte. Peste aproximativ cinci miliarde şi jumătate de ani, temperatura în centrul Soarelui va fi în sfârşit suficient de mare pentru a permite combustia nucleară a heliului, producând carbon şi oxigen. După o erupţie spectaculoasă, dar de scurtă durată, marcând tranziţia la fuziunea heliului ca sursă

*

dominantă de energie a Soarelui, acesta se va contracta şi se va stabiliza într-o configuraţie mai puţin agitată.

Dar nou-găsita stabilitate va dura relativ puţin. În aproximativ o sută de milioane de ani, la fel cum heliul mai greu a dezlocuit hidrogenul mai uşor, carbonul şi oxigenul, mai grele, vor face acelaşi lucru cu heliul, ocupând miezul Soarelui şi expulzând heliul în straturile înconjurătoare. Combustia nucleară a noilor constituent! ai

*

miezului, carbon şi oxigen, necesită temperaturi şi mai înalte, cel puţin şase sute de milioane de grade. Cum temperatura în centrul Soarelui e mult sub acest prag, istoria se repetă: fuziunea nucleară se opreşte, iar atracţia gravitaţională spre interior ajunge

dominantă, drept care Soarele începe să se contracte, şi temperatura în centru creşte din nou.

în faza precedentă a acestui ciclu, creşterea temperaturii a declanşat fuziunea într-un strat de hidrogen care înconjoară miezul inert de heliu. Acum, creşterea temperaturii declanşează fuziunea într-un strat de heliu care înconjoară miezul inert de carbon şi oxigen. Dar, în caruselul acesta, temperatura în centru nu va atinge niciodată valoarea necesară pentru reiniţierea combustiei nucleare. Masa Soarelui e prea mică, iar contracţia nu reuşeşte să crească temperatura suficient pentru a iniţia fuziunea carbonului şi oxigenului în nuclee mai grele şi mai complexe, cum se întâmplă în stelele mai masive. în schimb, pe măsură ce stratul de heliu arde, inundând miezul cu carbon şi oxigen proaspăt produse, miezul va continua să se contracte până când un fenomen cuantic – rezultând din *principiul de excluziune al lui Pauli* – opreşte implozia.[7]

în 1925, fizicianul austriac Wolfgang Pauli, un pionier al fizicii cuantice faimos pentru sarcasmul său („Nu mă deranjează că gândeşti încet; mă deranjează că publici mai repede decât gândeşti”[8]), a înţeles că mecanica cuantică impune o limită pentru apropierea dintre doi electroni (mai precis, mecanica cuantică interzice ca două particule identice să ocupe aceeaşi stare cuantică—, dar

descrierea aproximativă e suficientă). Curând după aceea, cercetătorii au demonstrat că rezultatul lui Pauli, deşi se referă la microparticule, e esenţial pentru a înţelege destinul Soarelui şi al tuturor stelelor cu o masă similară. Pe măsură ce Soarele se contractă, electronii din miezul său sunt înghesuiţi tot mai strâns, până când densitatea electronilor atinge limita specificată de rezultatul lui Pauli. Când continuarea contracţiei ar încălca principiul lui Pauli, intervine o puternică forţă de repulsie cuantică, electronii rămân pe poziţie, îşi reclamă spaţiul personal şi refuză să fie şi mai strâns împachetaţi. Contracţia Soarelui se opreşte.[9]

Departe de centru, straturile exterioare ale Soarelui vor continua să se extindă şi să se răcească, iar până la urmă se vor pierde în spaţiu, lăsând în urmă o sferă de carbon şi oxigen uimitor de densă, o aşa-numită stea pitică albă, care va străluci timp de încă câteva miliarde de ani. Fără temperatura necesară pentru alte reacţii de fuziune nucleară, energia termică se va disipa încet în spaţiu, iar, asemenea ultimelor licăriri ale unui tăciune, rămăşiţa Soarelui se va răci şi va păli, transformându-se într-un glob îngheţat şi întunecat. Cu câteva trepte deasupra etajului 10, Soarele va deveni negru.

Este un sfârşit paşnic, mai ales în comparaţie cu finalul cataclismic care ar putea să aştepte întregul univers în timp ce continuăm să urcăm spre etajul

următor.

Marea destrămare Aruncaţi un măr în sus, iar atracţia implacabilă a gravitaţiei terestre îi va încetini treptat viteza. E un exerciţiu banal, dar cu profundă semnificaţie cosmologică. încă de la observaţiile lui Edwin Hubble din anii 1920 ştim că spaţiul se extinde: galaxiile se îndepărtează rapid unele de altele.[10] Dar, la fel cum se întâmplă cu mărul, atracţia gravitaţională a fiecărei galaxii asupra tuturor celorlalte va trebui negreşit să încetinească exodul cosmic. Spaţiul se extinde, dar viteza expansiunii trebuie să scadă. în anii 1990, două echipe de astronomi au purces să măsoare ritmul încetinirii cosmice. După aproape un deceniu de eforturi, ei şi- au anunţat rezultatele – şi au şocat lumea ştiinţifică.[11] Aşteptările erau greşite. Prin observaţii minuţioase ale unor explozii de supernovă îndepărtate, faruri puternice care pot fi văzute şi măsurate cu claritate de la un capăt la altul al cosmosului, ei au descoperit că expansiunea nu încetineşte, ci e accelerată. Iar această ambalare cosmică nu datează de azi, de ieri. Cercetătorii consternaţi s-au aflat în fata unor observaţii astronomice care stabileau că expansiunea prinde viteză de cinci miliarde de ani încoace.

Expectativa unei decelerări a expansiunii fusese larg împărtăşită, fiindcă era logică. A propune o expansiune accelerată a spaţiului este, la prima vedere, la fel de absurd ca a prezice că un măr aruncat uşurel în sus va ţâşni spre

cer precum o rachetă. Dacă am vedea un asemenea fenomen bizar, am căuta o forţă ascunsă, o influenţă scăpată din vedere, răspunzătoare de propulsarea mărului. în mod similar, când datele au furnizat dovezi copleşitoare că expansiunea spaţiului e accelerată, cercetătorii şi-au venit în fire, s-au aprovizionat cu cretă şi au pornit în căutarea cauzei.

Principala explicaţie invocă o caracteristică esenţială a relativităţii generale a lui Einstein pe care am întâlnit-o în discuţia despre cosmologia inflaţionară din capitolul 3.[12] Să ne amintim că, potrivit atât lui Newton, cât şi lui Einstein, agregate de materie precum planetele şi stelele exercită familiara atracţie gravitaţională, dar în abordarea lui Einstein repertoriul gravitaţiei se lărgeşte. Dacă o regiune a spaţiului nu conţine nici un agregat material, ci e umplută uniform cu un câmp de energie – imaginea mea preferată, prezentată anterior, este aburul care umple uniform o saună –, forţa gravitaţională rezultantă e repulsivă. în cosmologia inflaţionară, cercetătorii presupun că o astfel de energie e conţinută într-un tip exotic de câmp (câmpul inflaton), iar, conform teoriei, puternica sa gravitaţie repulsivă a declanşat big bang-ul. Deşi acel eveniment s-a produs cu aproape paisprezece miliarde de ani în urmă, putem urma o abordare analoagă pentru a explica expansiunea accelerată a spaţiului pe care o observăm în prezent.

Dacă ne imaginăm că întregul spaţiu e umplut uniform cu un alt câmp de energie – o numim *energie întunecată* fiindcă nu generează lumină, dar *energie invizibilă* ar fi la fel de potrivit –, putem explica de ce galaxiile se îndepărtează în mare grabă unele de altele. Fiind agregate de materie, galaxiile exercită gravitaţie atractivă, atrăgându-se reciproc şi încetinind astfel exodul cosmic. Fiind răspândită uniform, energia întunecată exercită gravitaţie repulsivă, împingând spre exterior, iar astfel accelerând exodul cosmic. Pentru a explica expansiunea accelerată observată de astronomi, pur şi simplu trebuie ca forţa de respingere a energiei întunecate să depăşească atracţia colectivă a galaxiilor. Şi nu cu mult. în comparaţie cu dilatarea violentă a spaţiului la big bang, în prezent expansiunea e domoală, aşa încât o cantitate infimă de energie întunecată e suficientă. într-adevăr, într-un metru cub tipic de spaţiu, cantitatea de energie întunecată necesară pentru a asigura accelerarea observată a galaxiilor ar ţine aprins un bec de 100 W timp de aproximativ cinci bilionimi ($5xl0^{12}$) de secundă – ridicol de puţin.[13] Dar spaţiul conţine o mulţime de metri cubi. Forţa repulsivă cu care contribuie fiecare dintre aceştia se combină, rezultând o forţă îndreptată spre exterior capabilă să producă expansiunea accelerată măsurată de astronomi.

Argumentele în favoarea energiei întunecate sunt pasionante, dar indirecte.

Nimeni n-a descoperit o metodă prin care să capteze energia întunecată, să-i stabilească existenţa şi să-i examineze direct proprietăţile. Cu toate acestea, fiindcă justifică atât de bine observaţiile, energia întunecată a devenit explicaţia de facto pentru expansiunea accelerată a spaţiului. Mai puţin clar însă e comportamentul pe termen lung al energiei întunecate. Iar pentru a prevedea viitorul îndepărtat, e esenţială examinarea sistematică a tuturor posibilităţilor. în cea mai simplă variantă, compatibilă cu toate observaţiile, valoarea energiei întunecate nu se schimbă la scara timpului cosmic.[14] Dar simplitatea, deşi preferabilă conceptual, nu are nici un drept fundamental asupra adevărului. Descrierea matematică a energiei întunecate îi permite acesteia să scadă, punând frână expansiunii accelerate, sau să crească, accelerând şi mai mult expansiunea. Privind de la etajul 11, această din urmă situaţie – gravitaţie repulsivă care devine mai puternică – e posibilitatea cea mai nefavorabilă; dacă se realizează, ne precipităm către un final violent pe care fizicienii îl numesc marea destrămare *[big rip].*

în timp, o forţă gravitaţională repulsivă tot mai puternică ar triumfa asupra oricărei forţe de coeziune, cu rezultatul că totul s-ar dezagrega. Corpul nostru e menţinut intact de forţa electromagnetică, care leagă laolaltă constituenţii atomici şi moleculari, precum şi de forţa nucleară

tare, care leagă laolaltă protonii şi neutronii în interiorul nucleelor atomice. Fiindcă aceste forte sunt mult mai puternice decât împingerea provocată în prezent de expansiunea spaţiului, corpul rămâne intact. Dacă vă lăţiţi, nu e din cauza expansiunii spaţiului. Dar dacă intensitatea forţei repulsive devine tot mai mare, spaţiul din interiorul corpului va ajunge să exercite o asemenea presiune expansionistă, încât va învinge forţele electromagnetică şi nucleară care ne menţin integritatea. Ne vom umfla, iar în cele din urmă vom exploda, la fel ca tot restul.

Amănuntele depind de ritmul în care creşte gravitaţia repulsivă, dar, într-un exemplu reprezentativ calculat de fizicienii Robert Caldwell, Marc Kamionkowski şi Nevin Weinberg, peste aproximativ douăzeci de miliarde de ani gravitaţia repulsivă va dezagrega roiurile de galaxii; circa un miliard de ani mai târziu, stelele care alcătuiesc Calea Lactee se vor risipi ca scânteile unui foc de artificii; peste încă vreo şaizeci de milioane de ani, Pământul şi celelalte planete ale sistemului solar vor fi expulzate din vecinătatea Soarelui; câteva luni mai târziu forţa gravitaţională repulsivă dintre molecule va face ca stelele şi planetele să explodeze, şi vor trebui să mai treacă doar treizeci de minute pentru ca respingerea dintre particulele care constituie atomii individuali să devină atât de puternică,

încât până şi aceştia să se destrame.[15] Starea finală a universului depinde de natura cuantică a spaţiului şi timpului, în prezent necunoscută. în termeni vagi, lipsiţi deocamdată de rigoare matematică, e posibil ca gravitaţia să sfâşie în bucăţi însăşi ţesătura spaţiului-timp. Realitatea a început cu o explozie, iar cândva, înainte să ajungem la etajul 11, o sută de miliarde de ani mai târziu, ea s-ar putea încheia cu o destrămare.

Deşi observaţiile actuale admit posibilitatea ca energia întunecată să devină mai puternică, eu şi mulţi alţi fizicieni considerăm că e improbabil. Când studiez ecuaţiile, rămân cu senzaţia că da, matematica funcţionează, deşi cu greu, dar nu, ecuaţiile nu sunt naturale sau convingătoare. Este o apreciere bazată pe decenii de experienţă, nu o demonstraţie matematică, aşa încât, desigur, ar putea fi greşită. Ea ne oferă însă suficiente motive pentru a fi optimişti şi a presupune că marea destrămare nu va face ca următoarele etaje ale Empire State Building să fie irelevante. Acestea fiind zise, să continuăm ascensiunea pe firul timpului.

Nu e nevoie să urcăm prea mult pentru a întâlni următorul eveniment crucial.

Falezele spaţiului

Dacă intensitatea forţei gravitaţionale repulsive nu creşte, ci rămâne constantă, putem cu toţii respira uşuraţi; nu trebuie

să ne mai îngrijorăm că vom fi făcuţi fărâme de expansiunea spaţiului. Dar fiindcă gravitaţia repulsivă va continua să îndepărteze galaxiile într-un ritm accelerat, pe termen lung ea va avea totuşi o consecinţă profundă: peste aproximativ un bilion de ani, viteza de recesie a galaxiilor îndepărtate va atinge şi va depăşi viteza luminii – părând astfel să încalce cea mai faimoasă regulă din universul lui Einstein. O analiză mai atentă arată că, de fapt, regula rămâne valabilă: afirmaţia lui Einstein că nimic nu poate depăşi viteza luminii se referă doar la viteza obiectelor care se mişcă *prin* spaţiu. Galaxiile abia dacă se mişcă prin spaţiu. Ele nu sunt dotate cu motoare de rachetă. La fel cum petele de vopsea albă de pe o bucată de spandex se îndepărtează unele de altele atunci când materialul se întinde, galaxiile sunt, în cea mai mare parte, ţintuite de ţesătura spaţiului-timp şi se îndepărtează unele de altele fiindcă spaţiul se dilată. Cu cât două galaxii sunt mai departe una de alta, cu atât între ele există mai mult spaţiu care să se dilate, şi cu atât ele se vor îndepărta mai rapid. Legea lui Einstein nu impune nici o Urnită pentru viteza unei asemenea îndepărtări.

Limita vitezei luminii rămâne totuşi semnificativă. Lumina emisă de fiecare galaxie se deplasează *prin* spaţiu. La fel cum un caiacist nu va înainta dacă vâsleşte împotriva curentului cu o viteză mai mică decât a acestuia, lumina emisă

de o galaxie care se îndepărtează cu o viteză mai mare decât cea a luminii nu va avea nici o şansă să ajungă până la noi. Străbătând spaţiul, lumina nu poate învinge distanţa până la Pământ, care creşte cu o viteză superioară celei a luminii. Drept urmare, atunci când viitorii astronomi vor privi dincolo de stelele învecinate, îndreptându-şi telescoapele către adâncurile cerului nocturn, ei nu vor vedea decât bezna de nepătruns. Galaxiile îndepărtate vor fi alunecat dincolo de limitele a ceea ce astronomii numesc orizontul cosmic. Va fi ca şi cum ele ar fi căzut de pe o faleză aflată la marginea spaţiului.

M-am concentrat asupra galaxiilor îndepărtate fiindcă cele aflate relativ aproape, un roi de aproximativ treizeci de galaxii numit Grupul Local, vor continua să fie însoţitorii noştri cosmici. Într-adevăr, când vom ajunge la etajul 11, Grupul Local, dominat de galaxiile Calea Lactee şi Andromeda, probabil că se vor fi contopit într-o preconizată viitoare uniune pe care astronomii au botezat-o Lactomeda (eu aş fi votat pentru Androlactea).— Stelele din Lactomeda vor fi suficient de aproape unele de altele pentru ca atracţia gravitaţională reciprocă să reziste expansiunii spaţiului şi să menţină intactă asociaţia stelară. Dar întreruperea contactului cu galaxiile mai îndepărtate va fi o pierdere enormă. Prin observarea minuţioasă a galaxiilor îndepărtate, Edwin Hubble a înţeles

pentru prima oară că spaţiul se extinde, o descoperire confirmată şi rafinată de un secol de observaţii ulterioare. Fără acces la galaxiile îndepărtate, vom pierde un instrument de diagnosticare fundamental pentru a urmări expansiunea spaţiului. Datele care ne-au călăuzit către înţelegerea big bang-ului şi a evoluţiei cosmice nu vor mai fi disponibile.

Astronomul Avi Loeb a sugerat că stelele cu viteză mare care vor scăpa continuu din Lactomeda pierzându-se în adâncurile spaţiului ar putea oferi un substitut pentru galaxiile îndepărtate, la fel cum floricelele de porumb aruncate de pe o plută ne permit să urmărim curenţii în aval. Dar chiar şi Loeb admite că accelerarea implacabilă a expansiunii va avea un impact devastator asupra capacităţii viitorilor astronomi de a efectua măsurători cosmologice precise.[16] Ca exemplu elocvent, la etajul 12, aproximativ un bilion de ani după big bang, extrem de importanta radiaţie cosmică de fond de microunde, care ne-a călăuzit investigaţiile cosmologice în capitolul 3, va fi atât de extinsă şi de diluată de expansiunea cosmică (în jargonul tehnic, atât de *deplasată spre roşu),* încât probabil că va fi imposibil de detectat.

Aceasta ne face să ne întrebăm: Presupunând că datele pe care le-am adunat şi care stabilesc că universul este în expansiune ar fi cumva păstrate şi transmise astronomilor de peste un bilion

de ani, oare ei le-ar crede? Folosind echipamentul de ultimă oră, rodul unui bilion de ani de progres tehnologic, ei vor vedea un univers care la cele mai mari distanţe e cât se poate de negru, etern şi imuabil. Ne putem imagina că ei vor ignora nişte rezultate stranii provenite dintr-o eră veche şi primitivă – a noastră –, şi în schimb vor accepta concluzia eronată că, în ansamblu, universul e static.

Chiar şi într-o lume supusă unei creşteri implacabile a entropiei, ne-am obişnuit cu ideea că măsurătorile sunt mereu mai precise, bazele de date cresc permanent, cunoaşterea e tot mai rafinată. Expansiunea accelerată a spaţiului poate submina aceste aşteptări. Ea poate face ca informaţii esenţiale să se îndepărteze atât de repede, încât să devină inaccesibile. Pentru urmaşii noştri, adevăruri profunde ar putea fi ca semnalele invizibile ale unui far aflat dincolo de orizont.

Amurgul stelelor

Primele stele au început să se formeze la etajul 8, aproximativ o sută de milioane de ani după big bang, şi ele vor continua să se formeze atâta timp cât va exista materia primă necesară. Şi cât timp va mai exista? Ei bine, lista ingredientelor e scurtă: e nevoie doar de un nor de hidrogen suficient de mare. Aşa cum am văzut, gravitaţia ia în primire norul, îl comprimă încet, îi încălzeşte miezul şi iniţiază fuziunea nucleară. Cunoscând

cantitatea de gaz conţinută de galaxie şi viteza cu care formarea stelelor epuizează rezervele de gaz, putem estima cât timp va mai continua acest proces. Există subtilităţi care complică socotelile (viteza de formare a stelelor într-o galaxie se poate modifica în timp; pe măsură ce ard, stelele redau galaxiei o parte din compoziţia lor gazoasă, refăcând rezervele), dar, pe baza unor calcule riguroase, cercetătorii au conchis că la etajul 14, peste aproximativ o sută de bilioane de ani, în marea majoritate a galaxiilor formarea stelelor va înceta.

Continuând să urcăm, vom mai observa şi altceva. Stelele se vor stinge. Cu cât o stea e mai masivă, cu atât miezul ei se comprimă mai mult sub propria-i greutate, şi temperatura centrală e mai mare. Iar o temperatură mai mare duce la creşterea vitezei reacţiilor de fuziune, deci la consumarea mai rapidă a rezervelor nucleare ale stelei. Dacă Soarele va străluci aproximativ zece miliarde de ani, stelele mult mai masive îşi epuizează combustibilul nuclear într-un timp mult mai scurt. Dimpotrivă, stelele de categorie muscă, cu o masă minimă de aproximativ o zecime din cea a Soarelui, ard mai lent, şi prin urmare au o viaţă mult mai lungă. Astronomii folosesc termenul generic de *pitică roşie* pentru o diversitate de asemenea stele cu masă redusă, iar potrivit observaţiilor probabil că ele constituie majoritatea stelelor din univers. Temperaturile lor relativ scăzute şi

arderea lentă, metodică, a hidrogenului (curenţii de convecţie din interiorul unei pitice roşii fac ca aproape întreaga provizie de hidrogen a stelei să fie arsă în miez) permit piticelor roşii să continue să strălucească timp de multe bilioane de ani, de mii de ori durata de viaţă a Soarelui. Dar la etajul 14, chiar şi cea mai longevivă pitică roşie va rămâne fără combustibil.

Şi astfel, urcând mai departe, galaxiile vor semăna cu oraşele pârjolite ale unui viitor distopic. Cerul nopţii, cândva însufleţit şi plin de stele strălucitoare, va fi populat acum cu tăciuni stinşi. Dar, fiindcă atracţia gravitaţională a unei stele depinde numai de masa ei, indiferent dacă ea străluceşte cu putere sau doar mocneşte, majoritatea stelelor care găzduiesc planete o vor face şi în continuare.

Preţ de încă un etaj.

Amurgul ordinii astronomice

Privind cerul senin al nopţii avem impresia că galaxia e înţesată cu stele. Nu este. Deşi pare că stelele sunt dispuse la mică distanţă una de alta pe o sferă care ne înconjoară, deoarece distanţele lor faţă de Pământ sunt foarte diferite – o caracteristică pe care ochii noştri slabi şi apropiaţi între ei nu reuşesc s-o perceapă –, în realitate stelele sunt foarte departe unele de altele. Dacă am reduce Soarele la mărimea unui grăunte de zahăr şi l-am

aşeza pe Empire State Building, ar trebui să mergem până la Greenwich, în Connecticut, pentru a ne întâlni cu Proxima Centauri, vecina noastră stelară cea mai apropiată. Şi nu ar fi nevoie să ne grăbim pentru a fi siguri că Proxima va mai fi la Greenwich când vom ajunge noi acolo. La această scară, vitezele stelare tipice se situează sub un milimetru pe oră. Ca într-un joc de-a prinselea jucat de nişte melci risipiţi pe o suprafaţă întinsă, doar rareori stelele se vor ciocni sau măcar vor trece aproape una de alta.

Concluzia aceasta se bazează însă pe duratele familiare – ani, secole, milenii – şi ca atare trebuie reconsiderată în lumina scărilor temporale mult mai vaste pe care le examinăm acum. La etajul 15 vor fi trecut un milion de miliarde de ani de la big bang. Iar pe acea durată sunt mari şanse ca stelele lente şi distanţate din prezent să fi avut parte de numeroase întâlniri apropiate. Ce se va întâmpla într-o asemenea întâlnire?

Să ne concentrăm asupra Pământului şi să ne imaginăm că o altă stea trece prin apropiere. în funcţie de masa şi traiectoria intrusului, s-ar putea ca atracţia lui gravitaţională să perturbe doar puţin mişcarea Pământului. Un intrus cu masă mică şi care păstrează o distanţă apreciabilă nu va face ravagii. Dar atracţia gravitaţională a unei stele mai masive care trece mai aproape ar putea cu uşurinţă smulge Pământul de pe orbită şi să-l expulzeze din sistemul solar de-a

dreptul în adâncurile spaţiului. Iar ceea ce e valabil pentru Pământ e valabil pentru majoritatea celorlalte planete care se rotesc în jurul majorităţii celorlalte stele din majoritatea celorlalte galaxii. Pe măsură ce urcăm pe firul timpului, tot mai multe planete vor fi azvârlite în spaţiu de atracţia gravitaţională perturbatoare a unor stele năbădăioase. De fapt, deşi e extrem de improbabil, Pământul ar putea suferi soarta aceasta mult înainte ca Soarele să se stingă.

Dacă s-ar întâmpla aşa ceva, temperatura Pământului ar scădea continuu odată cu îndepărtarea de Soare. Straturile superioare ale oceanelor ar îngheţa, la fel ca tot ce a mai rămas pe suprafaţă. Gazele atmosferice, preponderent azot şi oxigen, s- ar lichefia şi ar cădea ca o ploaie. Ar putea viaţa continua? La suprafaţa Pământului, greu de crezut. Dar, aşa cum am văzut, viaţa prosperă – şi e posibil chiar să fi apărut – în preajma orificiilor hidrotermale răspândite pe fundul oceanelor. Lumina Soarelui nu poate pătrunde până la asemenea adâncimi, aşa încât orificiile ar fi puţin afectate de absenţa Soarelui. În schimb, o mare parte a energiei care le alimentează provine din reacţii nucleare difuze, dar continue.[17] Interiorul planetei noastre conţine un depozit de elemente radioactive (mai ales toriu, uraniu şi potasiu), iar pe măsură ce aceşti atomi instabili se dezintegrează, ei emit un flux de particule care încălzesc mediul.

Aşadar, indiferent dacă Pământul se bucură sau nu de căldura generată de fuziunea nucleară din Soare, el va continua să se bucure de căldura generată de fisiunea nucleară din interiorul său. Dacă Pământul ar fi expulzat din sistemul solar, e posibil ca viaţa pe fundul oceanelor să continue timp de miliarde de ani ca şi cum nimic nu s-ar fi întâmplat.

Ciocnirile dintre stele vor dezagrega nu doar sisteme solare, ci, pe perioade şi mai lungi, vor dezagrega şi galaxii. În întâlnirile apropiate sau, mult mai rar, în ciocnirile frontale dintre stele rătăcitoare, tendinţa este ca viteza stelei mai masive să scadă, iar a celei mai uşoare să crească. (Aşezaţi o minge de ping-pong pe una de baschet şi lăsaţi-le să cadă; veţi vedea că atunci când ansamblul loveşte solul şi ricoşează, ciocnirea provoacă o creştere impresionantă a vitezei mingii de ping-pong.)[19] La fiecare asemenea întâlnire, schimbările vor fi îndeobşte modeste, dar pe durate vaste de timp efectul lor cumulativ poate produce schimbări semnificative ale vitezelor stelare. Rezultatul va fi un inventar staţionar de stele lansate cu o viteză atât de mare, încât evadează din galaxia lor. Calcule detaliate arată că între etajele 19 şi 20, galaxiile tipice vor fi golite din cauza acestui proces. Stelele lor, majoritatea resturi incinerate, vor fi expulzate şi lăsate să rătăcească fără ţintă prin spaţiu.[20]

Omniprezenta ordine astronomică

manifestată în sisteme solare şi galaxii se va dizolva; aceste structuri, atât de răspândite în prezent, vor deveni tipare pe care universul le-a retras din circulaţie.

Undele gravitaţionale şi curăţenia finală

Dacă Pământul are noroc şi nu e înghiţit la etajul 11 de Soarele dilatat, şi dacă nu e expulzat de vizita perturbatoare a vecinilor stelari, soarta lui finală va fi decisă de o caracteristică minunată a teoriei relativităţii generale, *undele gravitaţionale.*

în explicarea spaţiului-timp curb, ideea centrală, dar abstractă a relativităţii generale, fizicienii recurg adesea la o metaforă familiară: reprezentăm planetele care se rotesc în jurul unei stele ca nişte mici bile rostogolindu-se pe o folie de cauciuc deformată de o bilă de bowling aşezată în mijloc. Dar se pune atunci întrebarea: De ce planetele nu urmează o traiectorie spirală, sfârşind prin a cădea pe stea? Doar asta e soarta inevitabilă a bilelor.[21] Răspunsul este că bilele se rostogolesc în spirală spre interior fiindcă pierd energie prin frecare. într- adevăr, nu e nevoie de echipamente sofisticate pentru a detecta dovezi în acest sens: o parte din energia pierdută ajunge la urechile noastre, permiţându-ne să auzim rostogolirea bilelor pe folia de cauciuc. Planetele îşi menţin mişcarea orbitală, fiindcă în spaţiul vid practic nu există

frecare.

Chiar dacă frecarea nu este un factor, o planetă pierde o cantitate mică de energie la fiecare rotaţie. Când corpurile astronomice se mişcă, ele perturbă ţesătura spaţiului, generând unde care se propagă spre exterior asemenea celor care încreţesc o folie de cauciuc pe care o lovim repetat. Aceste ondulaţii în ţesătura spaţiului sunt undele gravitaţionale prezise de Einstein în articolele publicate în 1916 şi 1918. în deceniile următoare, Einstein a ezitat în privinţa undelor gravitaţionale, considerându-le, în cel mai bun caz, o simplă posibilitate teoretică ce nu va fi niciodată observată, iar în cazul cel mai rău, o interpretare complet eronată a ecuaţiilor. Matematica relativităţii generale e atât de subtilă, încât până şi Einstein a fost uneori dezorientat. A fost nevoie de munca multor oameni timp de mulţi ani pentru a elabora metode sistematice de a depăşi aceste probleme spinoase, care altminteri ar zădărnici încercările de a pune expresiile matematice ale relativităţii generale în legătură cu caracteristici măsurabile ale lumii. în anii 1960, când aceste metode erau ferm stabilite, fizicienii au devenit încrezători că undele gravitaţionale sunt o consecinţă incontestabilă a teoriei. Nimeni nu avea

*

însă vreo dovadă experimentală sau observaţională că ele sunt reale.

Peste aproximativ un deceniu şi jumătate, lucrurile s-au schimbat. în 1974,

Russell Hulse şi Joe Taylor au descoperit primul sistem binar de stele neutronice – o pereche de stele neutronice rotindu- se rapid una în jurul celeilalte.[22] Observaţii ulterioare au stabilit că, în timp, stelele neutronice se apropiau în spirală, dovadă că sistemul binar pierdea energie. Dar unde mergea acea energie?[23] Taylor şi colaboratorii săi Lee Fowler şi Peter McCulloch au anunţat că pierderea de energie orbitală măsurată era în acord remarcabil cu predicţia relativităţii generale privind cantitatea de energie pe care stelele neutronice trebuie s-o pompeze în unde gravitaţionale.[24] Deşi undele gravitaţionale produse erau prea slabe pentru a fi detectate, s-a stabilit, chiar dacă indirect, că undele gravitaţionale sunt reale.

După trei decenii şi după cheltuirea unui miliard de dolari, Observatorul de Unde Gravitaţionale prin Interferometrie Laser (LIGO, Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) a mers mai departe, realizând prima detecţie directă a ondulatiilor în ţesătura spaţiului. Dimineaţa devreme în ziua de 14 septembrie 2014, doi detectori enormi, unul în Louisiana, şi celălalt în statul Washington, ambii riguros protejaţi de orice perturbaţie, cu excepţia unei unde gravitaţionale, au tresărit. Şi exact în acelaşi fel. Cercetătorii se pregătiseră pentru acest moment timp de aproape o jumătate de secol, dar încheiaseră calibrarea noilor detectori perfecţionaţi cu

numai două zile în urmă. Detectarea aproape imediat a unui semnal a fost deopotrivă o surpriză şi un motiv de îngrijorare. Era real? Era o descoperire epocală, sau opera unui farsor – sau, mai rău, cineva pir ataşe sistemul şi injectase un semnal fals?

După luni de analize meticuloase în care au verificat şi răsverificat detaliile presupusei perturbaţi! gravitaţionale, cercetătorii au anunţat că o undă gravitaţională străbătuse într-adevăr Pământul. Mai mult, analizând cu precizie tresărirea şi comparând-o cu rezultatele simulărilor pe un supercomputer ale profilului undelor gravitaţionale produse în diverse evenimente astronomice, cercetătorii au inversat firul evenimentelor pentru a determina sursa semnalului. Ei au ajuns la concluzia că în urmă cu 1,3 miliarde de ani, într-o perioadă când pe Pământ viaţa multicelulară abia începea să se închege, două găuri negre îndepărtate se roteau una în jurul celeilalte tot mai strâns şi mai rapid, apropiindu-se de viteza luminii, până când, într-o frenezie orbitală, s-au ciocnit. Coliziunea a generat o undă mareică în spaţiu, un tsunami gravitaţional atât de mare, încât puterea sa a depăşit-o pe cea a tuturor stelelor din toate galaxiile din universul observabil. Unda s-a extins în toate direcţiile cu viteza luminii, astfel încât o parte s-a îndreptat către Pământ, diluându-şi

*

puterea pe măsură ce se răspândea într-un volum tot mai mare. Cu aproximativ o sută de mii de ani în urmă, când oamenii emigrau din savana africană, unda a traversat haloul de materie întunecată care înconjoară galaxia Calea Lactee, continuându-şi cursa neobosită. Cu aproximativ o sută de ani în urmă, unda a străbătut roiul de stele al Hyadelor; cam pe atunci, un membru al speciei noastre, Albert Einstein, a început să se gândească la undele gravitaţionale şi a scris primele articole despre posibilitatea existenţei lor. Peste vreo cincizeci de ani, în timp ce unda gonea înainte, alţi cercetători au formulat propunerea îndrăzneaţă că asemenea unde ar putea fi detectate şi au început să planifice şi să proiecteze un instrument capabil s-o facă. Iar atunci când unda s-a aflat la numai două zile-lumină de Pământ, versiunea recent ameliorată a celui mai avansat dintre aceşti detectori a devenit operativă. Două zile mai târziu, cei doi detectori au tresărit timp de două zecimi de secundă, colectând date care le-au permis oamenilor de ştiinţă să reconstituie povestea pe care tocmai am relatat-o. Pentru această realizare, conducătorilor echipei, Ray Weiss, Barry Barish şi Kip Thorne, li s-a decernat Premiul Nobel pe 2017.

Aceste descoperiri, pasionante în sine, sunt relevante aici fiindcă, la etajul 23, Pământul (presupunând că se mai află pe orbită), pierzându-şi energia printr-o

versiune a aceluiaşi proces – producerea lentă, dar implacabilă, de unde gravitaţionale –, va cădea în spirală pe Soarele de multă vreme mort. Pentru celelalte planete povestea e similară, deşi duratele pot să difere. Planetele mai mici perturbă mai puţin ţesătura spaţiului, şi ca atare descriu spirale ale morţii mai lungi, la fel şi planetele ale căror orbite sunt mai departe de steaua lor. Considerând Pământul reprezentativ pentru planetele care se încăpăţânează să rămână pe orbită, conchidem că la etajul 23, împăcându-se în fine cu soarta, ele vor plonja pentru ultima comuniune violentă cu soarele lor rece.

Pe durata stadiilor finale, galaxiile vor urma o secvenţă analoagă. în centrul majorităţii galaxiilor se găseşte o enormă gaură neagră, cu o masă de milioane sau chiar miliarde de ori mai mare decât a Soarelui. Urcând mai departe de la etajul 23, singurele stele rămase în galaxii vor fi tăciuni stinşi care, după ce au evitat expulzarea, se vor roti lent în jurul găurii negre centrale. Şi, la fel cum planetele se deplasează în spirală lent spre interior pe măsură ce energia lor orbitală e transferată undelor gravitaţionale, acelaşi lucru se întâmplă cu stelele din jurul unei găuri negre galactice. Estimând rata acestui transfer de energie, cercetătorii au conchis că la etajul 24 majoritatea rămăşiţelor stelare vor fi deja consumate, căzând în abisul central întunecat al galaxiei.[25] Dacă o galaxie are răzleţi, stele

stinse suficient de mici şi de îndepărtate, gaura neagră va oferi ajutor suplimentar, atrăgându-le implacabil şi ademenindu-le să se apropie puţin câte puţin de disoluţia finală. Ţinând seama de ambele influenţe, găurile negre centrale vor curăţa majoritatea galaxiilor de rămăşiţele stelare la etajul 30, IO^{30} ani după big bang, dacă nu mai devreme.

La acea epocă, o plimbare prin cosmos nu va fi prea palpitantă. Punctat ici şi colo de planete reci, stele stinse şi găuri negre monstruoase, spaţiul va fi întunecat şi dezolant.

Destinul materiei complexe

în mijlocul schimbărilor ambientale extreme pe care le-am întâlnit, poate persista viaţa? Este o întrebare dificilă deoarece, aşa cum am subliniat la începutul acestui capitol, nu avem nici o idee despre cum va arăta viaţa în viitorul îndepărtat. O caracteristică aparent sigură este că viaţa de orice fel va trebui să controleze o energie adecvată care să-i alimenteze funcţiile vitale – metabolice, reproductive etc. Pe măsură ce stelele se sting, sunt expulzate în adâncurile spaţiului sau cad în spirală în găurile negre omnivore, această sarcină devine tot mai dificilă. Există idei ingenioase, precum a utiliza particulele de materie întunecată despre care credem că rătăcesc prin spaţiu şi pot produce energie atunci când se ciocnesc şi se transformă în fotoni.[26] Apare însă o

problemă: chiar dacă o formă oarecare de viaţă poate avea acces la o nouă sursă de energie utilă, pe măsură ce continuăm ascensiunea, se va ivi probabil o altă ameninţare, mai importantă decât toate celelalte.

Materia însăşi se poate dezintegra.

în centrul tuturor atomilor, alcătuind toate moleculele şi asamblaţi în toate structurile materiale complexe, de la fiinţe vii până la stele, sunt protonii. Dacă protonii s-ar dezintegra într-o jerbă de particule mai uşoare (cum ar fi electronii şi fotonii), materia s-ar descompune, iar universul s-ar schimba radical.[27] Existenta noastră atestă stabilitatea protonilor, cel puţin pe durate de acelaşi ordin cu timpul scurs de la big bang. Dar ce se va întâmpla la scările de timp mult mai lungi pe care le examinăm acum? Timp de aproape o jumătate de secol, fizicienii au întâlnit indicii matematice fascinante că pe asemenea durate de timp enorme protonii s-ar
putea dezintegra.

în anii 1970, fizicienii Howard Georgi şi Sheldon Glashow au elaborat prima *mare teorie unificată,* un cadru matematic care, pe hârtie, uneşte cele trei forţe negravitaţionale.[28] Deşi forţele tare, slabă şi electromagnetică au proprietăţi extrem de diferite atunci când sunt examinate în experimente de laborator, în schema lui Georgi şi Glashow aceste deosebiri scad treptat pe măsură ce forţele sunt examinate pe distanţe tot mai mici.

Georgi şi Glashow şi-au dat seama că legăturile dintre forţe propuse de marea unificare implică noi legături între particulele de materie. Iar aceste legături permit o serie întreagă de noi transmutări ale particulelor, inclusiv unele care vor duce la dezintegrarea protonilor. Din fericire, procesul e lent. Calculele lor au arătat că, dacă am ţine în palmă o mulţime de protoni şi am aştepta ca jumătate dintre ei să se dezintegreze, ar trebui să-i ţinem vreo mie de miliarde de miliarde de miliarde de ani, suficient pentru a urca până la etajul 30 al Empire State Building. Este o predicţie ciudată, ce poate părea imposibil de verificat. Cine ar avea răbdarea s-o testeze?

Răspunsul se poate obţine printr-o metodă simplă şi ingenioasă. La fel cum şansele de a exista un câştigător la loteria din săptămâna asta sunt infime dacă statul reuşeşte să vândă doar câteva bilete, dar sporesc considerabil dacă vânzarea biletelor ia avânt, şansele de a asista la dezintegrarea unui proton dintr-un eşantion redus e infimă, dar sporesc considerabil dacă mărim eşantionul.[29] Să umplem aşadar un rezervor enorm cu milioane de litri de apă pură (fiecare litru furnizând circa IO^{26} protoni), să înconjurăm eşantionul cu detectori extrem de sensibili şi să privim cu mare atenţie, zi şi noapte, în căutarea semnului revelator al produşilor de dezintegrare ai protonului (care, potrivit teoriei Georgi-Glashow, sunt o particulă numită *pion* şi un *anti-*

electrori).

A căuta reziduurile dezintegrării unui singur proton înotând într-o mare de însoţitori cu mult mai numeroşi decât firele de nisip de pe toate plajele şi deşerturile planetei ar face ca tradiţionala căutare a acului în carul cu fân să pară un fleac. Şi totuşi, echipe de fizicieni experimentatori strălucitţi au demonstrat convingător că, dacă un proton din rezervor s-ar dezintegra, detectorii lor ar da alarma.

Eram unul dintre studenţii lui Georgi la jumătatea anilor 1980, când a sa teorie unificată a fost supusă testării. Nu absolvisem şi încă mai studiam materiile de bază, aşa că n-am înţeles chiar tot ce se petrecea. Dar simţeam tensiunea aşteptării. Unitatea naturii, un vis urmărit cu atâta tenacitate de Einstein, era pe cale să fie dezvăluită. A trecut apoi un an fără dovada că un singur proton s-ar fi dezintegrat. Pe urmă încă un an. Şi încă unul. Faptul că nu a fost observată dezintegrarea nici unui proton le-a permis cercetătorilor să stabilească o limită inferioară pentru timpul de viaţă al protonului, considerată în prezent a fi de circa IO^{34} ani.

Propunerea lui Georgi şi Glashow e magnifică. Lăsând pe altă dată enigmele gravitaţiei cuantice, teoria lor înglobează celelalte trei forţe ale naturii, precum şi toate particulele de materie cu ajutorul unei combinaţii elegante, riguroase şi ingenioase de matematică şi fizică. Este o

capodoperă intelectuală. Cu toate acestea, în faţa propunerii lor natura a ridicat din umeri. Mult mai târziu am discutat cu Georgi despre experienţă. A spus că experimentele dezamăgitoare sunt nişte „palme date de natură”, o experienţă, a adăugat el, care l-a întors împotriva întregului program al unificării.[30]

Dar programul unificării a continuat. Şi continuă. Iar o trăsătură comună aproape tuturor abordărilor propuse – teorii Kaluza-Klein, supersimetrie, supergravitaţie, supercorzi, precum şi extensii mai directe ale teoriei marii unificări a lui Georgi şi Glashow (despre toate acestea puteţi citi în *Universul elegant)* – este că prezic dezintegrarea protonilor. Propunerile în care rata acestei dezintegrări e apropiată de cea din schema iniţială a lui Georgi şi Glashow sunt imediat eliminate. Dar multe dintre teoriile unificării propuse prezic rate mai lente pentru dezintegrarea protonului, compatibile cu cele mai precise limite experimentale. Valorile tipice merg de la IO^{34} la IO^{37} ani, unele predicţii indicând şi durate mai mari.

Ideea este că pe măsură ce am continuat să ne dezvoltăm cunoaşterea matematică a cosmosului, dezintegrarea protonului s-a iţit la aproape fiecare cotitură. Nu e imposibil să aranjăm ecuaţiile aşa încât să evităm dezintegrarea protonului, dar aceasta presupune adesea manipulări matematice nefireşti ce contravin unor rezultate

teoretice a căror relevanţă pentru realitate a fost dovedită de succese anterioare. De aceea, numeroşi teoreticieni admit că protonii într-adevăr se dezintegrează. S-ar putea să nu fie aşa, iar în notele finale examinez succint alternativa.[31] Dar aici, pentru a fi concret, voi considera că durata de viaţă a protonului este de circa IO^{38} ani.

Consecinţa este că, pe măsură ce continuăm să urcăm de la etajul 38, toţi atomii care s-au combinat în toate moleculele care s-au asamblat în toate structurile care au apărut vreodată în cosmos – pietre, apă, iepuri, copaci, tu, eu, planete, sateliţi, stele etc. – se vor dezintegra. Totul se va descompune. Universul va fi constituit doar din particule elementare, în majoritate electroni, pozitroni, neutrini şi fotoni, străbătând un cosmos punctat ici şi colo de găuri negre liniştite, dar vorace.

La etajele inferioare, problema dominantă pentru viaţă este să-şi asigure energia adecvată, de calitate înaltă şi cu entropie joasă, care să alimenteze procesele materiei însufleţite. De la etajul 38 în sus, se pune o problemă mai profundă. Odată cu disoluţia atomilor şi moleculelor, însuşi eşafodajul vieţii şi al majorităţii structurilor din cosmos se va nărui. Dacă viaţa a reuşit să ajungă până aici, se va izbi acum de obstacolul final? Poate că da. Sau poate că la scările de timp pe care le examinăm – de peste un miliard de miliarde de miliarde de ori

actuala vârstă a universului – viata va fi evoluat într- o formă care a renunţat de mult la nevoia unei arhitecturi biologice, indispensabilă în prezent. Poate că înseşi categoriile de viaţă şi minte vor părea grosiere şi greoaie în raport cu viitoare încarnări ce necesită caracterizări complet noi.

La baza unor asemenea speculaţii stă presupunerea că viaţa şi mintea nu sunt dependente de un anumit substrat fizic, precum celule, corpuri şi creiere, ci sunt ansambluri de procese integrate. Până în prezent, biologia a monopolizat activităţile vieţii, dar s-ar putea ca aceasta să reflecte doar capriciile selecţiei naturale pe planeta Pământ. Dacă un alt aranjament de particule fundamentale ar reuşi să execute fidel procesele vieţii şi ale minţii, atunci sistemul acela va trăi şi va gândi.

Strategia noastră aici e să adoptăm perspectiva cea mai largă şi să considerăm posibilitatea ca un anumit tip de minte gânditoare să existe chiar şi în absenţa atomilor complecşi şi moleculelor. Aşa încât ne punem întrebarea: cu restricţia unică, dar absolut inflexibilă, ca procesele gândirii să se conformeze pe deplin legilor fizicii, poate dăinui gândirea nedefinit?

Viitorul gândirii

A evalua viitorul gândirii poate că reflectă o încredere exagerată. Din experienţa personală, fiecare dintre noi ştim ce

înseamnă să gândeşti, dar aşa cum am văzut limpede în capitolul 5, ştiinţa riguroasă a minţii e abia la începuturile ei. în ce priveşte ştiinţa mişcării, am progresat de la legile lui Newton la cele radical diferite ale lui Schrodinger în mai puţin de trei secole, deci cum am putea spera să spunem ceva relevant despre viitorul gândirii pe durate de timp pentru care un miliard de secole aproape că nu contează?

întrebarea evocă una dintre temele noastre centrale. Universul poate şi trebuie înţeles dintr-o gamă largă de perspective. Explicaţiile rezultante, fiecare dintre ele relevantă pentru anumite tipuri de întrebări, trebuie până la urmă sintetizate într-o naraţiune coerentă, dar putem progresa cu unele dintre aceste poveşti chiar şi având o cunoaştere limitată a multor altora. Newton n-a avut nici cea mai vagă idee despre fizica cuantică, şi totuşi a construit cu succes o teorie a tipului de mişcare cu care ne întâlnim în lumea cotidiană. Când a apărut fizica cuantică, edificiul lui Newton nu a fost demolat. A fost renovat. Mecanica cuantică a oferit o nouă fundaţie care a extins raza de acţiune a ştiinţei şi a dat structurii newtoniene o interpretare complet nouă.

E posibil ca actualele consideraţii matematice asupra viitorului minţii să se dovedească irelevante. în fond, dacă nu cunoşti bine istoria fizicii şi a filozofiei, probabil că nu ai auzit despre descrierea

entelehială a mişcării de către Aristotel, sau despre teoria lui Empedocle asupra văzului ca focul-din- ochi. Atunci când noi, oamenii, explorăm, aproape sigur înţelegem unele lucruri – de fapt, multe lucruri – complet greşit. Dar, la fel ca în cazul fizicii newtoniene, există o şansă ca asemenea reflecţii asupra minţii să fie cândva considerate parte a unei cronici mai cuprinzătoare. Cu acest optimism, raţional şi temperat, vom examina viitorul îndepărtat al gândirii.

în 1979, Freeman Dyson a scris un articol vizionar despre viitorul îndepărtat al vieţii şi al minţii.[32] îl vom urma îndeaproape, încorporând actualizări bazate pe progrese teoretice şi observaţii astronomice mai recente. Abordarea lui Dyson, la fel ca a noastră pe tot cuprinsul acestor pagini, adoptă un punct de vedere fizicalist asupra minţii, considerând că actul gândirii e un proces fizic supus în întregime legilor fizicii. Şi întrucât înţelegem rezonabil de bine cum vor evolua caracteristicile de ansamblu ale universului în viitorul îndepărtat, putem investiga dacă vor continua să existe medii primitoare pentru gândire.

Pentru început, să ne gândim la creier. între alte însuşiri, creierul e cald. El consumă în permanenţă energie, cu care noi îl aprovizionăm graţie faptului că mâncăm, bem şi respirăm; el efectuează o mulţime de procese fiziochimice care îi modifică detaliile configuraţiei (reacţii chimice, rearanjări moleculare, mişcări

ale particulelor etc.); şi eliberează căldură reziduală în mediu. Când creierul gândeşte (şi face tot ce mai fac creierele), el repetă astfel o secvenţă cu care ne-am întâlnit prima oară în capitolul 2, când am analizat motoarele cu aburi.
La fel ca în acel model, căldura eliberată de creier în mediul înconjurător transportă entropie, pe care el o absoarbe şi totodată o generează prin funcţionarea sa internă.

Dacă, din indiferent ce motiv, un motor cu aburi nu poate elimina entropia acumulată, mai devreme sau mai târziu va înceta să funcţioneze. De o soartă similară va avea parte un creier care, din indiferent ce motiv, nu se poate debarasa de rezidurile entropice pe care funcţionarea sa le produce fără încetare. Iar un creier care nu mai funcţionează e un creier care nu mai gândeşte. Acesta e un posibil impediment pentru durabilitatea unei gândiri bazate pe creier. Pe măsură ce universul înaintează tot mai departe în viitor, îşi vor menţine creierele capacitatea de a expulza căldura reziduală pe care o produc?

Nimeni nu aşteaptă de la creierele umane să fie o prezenţă constantă în timp ce urcăm din prezent către etajele superioare. Şi, în mod cert, când vom fi urcat suficient pentru ca atomii să înceapă a se dezintegra în particule fundamentale, aglomerările moleculare de orice fel vor deveni tot mai rare. Dar necesitatea de a putea elimina căldura reziduală e atât de

generală, încât se aplică oricărei configuraţii de orice tip în care are loc procesul gândirii. Prin urmare, întrebarea esenţială este dacă o asemenea entitate – s-o numim Gânditorul –, indiferent de modul cum este proiectată sau construită, poate să elimine căldura pe care gândirea sa o generează în mod necesar. Dacă Gânditorul nu reuşeşte să facă acest lucru, el se va supraîncălzi şi va arde în propriile deşeuri entropice. Iar dacă constrângerile impuse de legile fizicii într-un univers în expansiune dictează că, mai devreme sau mai târziu, toţi Gânditorii de pretutindeni sunt sortiţi să eşueze în sarcina aceasta indispensabilă de evacuare a entropiei, viitorul gândirii înseşi va fi periclitat.

Pentru a evalua viitorul gândirii, trebuie deci să înţelegem fizica gândirii. De câtă energie are nevoie Gânditorul pentru a gândi, şi câtă entropie generează procesul gândirii? în ce ritm trebuie Gânditorul să expulzeze căldura reziduală, şi în ce ritm poate universul s-o absoarbă?

A gândi lent

în capitolul 2 am subliniat că entropia numără rearanjările constituenţilor microscopici ai unui sistem fizic – particulele sale – care „arată aproape la fel”. în analizarea Gânditorului, există un mod deosebit de util de a reformula acest enunţ. Dacă un sistem are entropie scăzută, configuraţia particulelor sale este

una dintr-un număr relativ mic de posibilităţi care toate arată la fel – una dintr-un număr relativ mic de dubluri. în consecinţă, a vă spune în care dintre aceste configuraţii posibile se găseşte efectiv sistemul înseamnă a vă oferi doar o cantitate mică de informaţie. La fel cum aş specifica o anumită cutie cu supă de roşii Campbell de pe raftul slab aprovizionat al unei băcănii, aş distinge această configuraţie anume de particule dintr-un număr redus de posibilităţi. Dacă un sistem are entropie înaltă, configuraţia particulelor sale este una dintr-un număr foarte mare de posibilităţi care toate arată la fel – una dintr-un număr foarte mare de dubluri. în consecinţă, a vă spune în care dintre aceste configuraţii posibile se găseşte efectiv sistemul înseamnă a vă oferi o mulţime de informaţii. La fel cum aş specifica o anumită cutie cu supă de roşii de pe raftul supraîncărcat al unei băcănii, aş distinge această configuraţie anume de particule dintr-un număr enorm de posibilităţi. Prin urmare, pentru un sistem cu entropie scăzută, configuraţia particulelor sale are un conţinut redus de informaţie; pentru un sistem cu entropie înaltă, configuraţia particulelor sale are un conţinut ridicat de informaţie

Legătura dintre entropie şi informaţie e importantă, fiindcă indiferent unde are loc gândirea – într-un creier uman sau în Gânditorul abstract –, a gândi înseamnă a procesa informaţie. Raportul informaţie-entropie ne spune aşadar că procesarea

informaţiei, funcţia gândirii, poate fi descrisă şi ca o procesare a entropiei. Şi deoarece, după cum poate vă aduceţi aminte din capitolul 2, procesarea entropiei – deplasarea entropiei dintr-un loc într- altul – necesită un transfer de căldură, avem un amalgam de trei concepte: gândire, entropie şi căldură. Dyson a folosit versiunea matematică a legăturilor dintre acestea pentru a calcula cantitatea de căldură pe care Gânditorul trebuie s-o expulzeze în funcţie de numărul gândurilor sale. (Pentru cei interesaţi de matematică, formula se găseşte în notele finale.)[33] Multe gânduri înseamnă că trebuie eliminată o cantitate mare de căldură. Mai puţine gânduri, mai puţină căldură de eliminat.

Pentru a-şi alimenta gândirea, Gânditorul trebuie să extragă energie din mediul său. Şi întrucât căldura este ea însăşi o formă de energie, cantitatea de energie absorbită de Gânditor trebuie să fie mai mare decât cantitatea de căldură pe care trebuie s-o elimine. Energia absorbită are o calitate mai înaltă (ca să poată fi uşor folosită) decât căldura eliminată (care e un reziduu, deci va fi dispersată), dar Gânditorul nu poate să elimine mai multă energie decât absoarbe. Calculele lui Dyson stabilesc cantitatea minimă de energie de înaltă calitate pe care Gânditorul trebuie s-o absoarbă din mediu, iar astfel cuantifică problema: pe măsură ce stelele se sting, sistemele solare se dezagregă, galaxiile se

dispersează, materia se dezintegrează, iar universul se extinde şi se răceşte, Gânditorul se va confrunta cu sarcina tot mai dificilă de a aduna energia concentrată, de calitate înaltă şi cu entropie scăzută, de care are nevoie pentru a continua să cugete. Proviziile împuţinându-se, Gânditorul are nevoie de o strategie eficientă pentru gestionarea resurselor şi evacuarea deşeurilor – altfel spus, un plan detaliat pentru a absorbi energie cu entropie scăzută şi a scăpa de căldura cu entropie înaltă. Urmându-l pe Dyson, să concepem un asemenea plan.

Ca un prim pas, să facem presupunerea rezonabilă că viteza proceselor interne ale Gânditorului, oricare ar fi acestea, sunt proporţionale cu temperatura lui.[34] La temperaturi mai mari, particulele se mişcă cu viteză mai mare, astfel încât Gânditorul gândeşte mai iute, consumă energie mai rapid, şi deşeurile se acumulează mai grabnic. La temperaturi mai joase, toate acestea se încetinesc. Confruntat cu un univers care se extinde, se răceşte şi devine tot mai inert, Gânditorul, care aspiră să gândească în continuare cât mai mult timp posibil, trebuie să acorde prioritate conservării, efectuând o combustie lentă şi îndelungată în locul unei străluciri intense şi de scurtă durată. Prin urmare, îi recomandăm Gânditorului să se lase călăuzit de univers: cu timpul, el trebuie să-şi scadă continuu temperatura, să-şi încetinească gândirea şi să reducă rata cu care consumă

rezervele tot mai sărace de energie de calitate ale universului.

întrucât a gândi e singurul lucru pe care-l face Gânditorul, perspectiva de a gândi mai lent nu e foarte atrăgătoare. Noi îl vom consola: „Nu înţelege greşit; deoarece *toate* procesele tale interne se vor încetini simultan, experienţa ta subiectivă nu se va schimba cu nimic. Nu vei observa nici o schimbare în gândirea ta. Poate ţi se va părea că diferite procese din jur decurg mai rapid, dar gândurile tale vor fi la fel de sprintene ca întotdeauna.” Uşurat, Gânditorul acceptă să urmeze strategia, dar exprimă o ultimă îngrijorare: „Dacă urmez această abordare, voi putea să gândesc mereu gânduri noi?”

Aceasta e întrebarea esenţială, aşa încât am anticipat că Gânditorul o va pune. Şi suntem pregătiţi să-i răspundem. Matematica arată că, la fel cum consumul de benzină per kilometru al unei maşini e cu atât mai redus cu cât se conduce mai încet, consumul de energie per gând al Gânditorului e cu atât mai redus cu cât el gândeşte mai încet. Altfel spus, gândirea Gânditorului devine tot mai eficientă pe măsură ce scade temperatura. De aceea, el poate gândi un număr *infinit* de gânduri folosind doar o cantitate *finită* de energie (la fel cum o serie infinită, ca de pildă 1 + *Vi* + Î4 + ... , poate avea o sumă finită, în cazul acesta 2). îl informăm cu entuziasm pe Gânditor asupra rezultatului: „Urmând acest plan, nu doar că vei putea gândi

pentru totdeauna, dar o vei putea face doar cu o rezervă finită de energie!”[35]

Exultând, fericitul Gânditor e pe cale să pună planul în acţiune. Dar tocmai atunci ne izbim de un obstacol neaşteptat. Există o consecinţă neplăcută a matematicii pe care am trecut-o cu vederea: aşa cum o ceaşcă cu cafea mai rece elimină mai puţină căldură în mediu decât una cu cafea mai fierbinte, cu cât temperatura Gânditorului scade, cu atât el e mai puţin capabil să elimine căldura reziduală pe care o generează gândirea sa. „Mă cunoaşteţi prea puţin”, ne aduce aminte Gânditorul, „de aceea fac apel la discreţie înainte să se răspândească zvonuri că aş avea probleme cu expulzarea deşeurilor”. Luăm notă. Dar tocmai în aceasta constă frumuseţea calculului. Raţionamentul presupune doar că Gânditorul e supus legilor cunoscute ale fizicii şi e alcătuit din particule elementare precum electronii. Analiza e aşadar absolut generală. Nu e nevoie să ştim nimic despre detaliile fiziologiei sau construcţiei Gânditorului pentru a conchide că, pe măsură ce temperatura lui scade, rata cu care poate să elimine entropia va scădea sub rata cu care el produce entropie. în faţa evidenţei, nu avem de ales decât să-i comunicăm vestea proastă. „Deşi a gândi la temperaturi tot mai joase e esenţial pentru a prelungi gândirea folosind doar o rezervă finită de energie, va veni un moment când entropia ta se va acumula mai repede decât o poţi expulza. După

aceea, dacă încerci să mai gândeşti, te vei mistui în propriile gânduri.”[36]

înainte ca Gânditorul descurajat să poată asimila pe deplin ştirea, un membru al echipei noastre de geniu propune o soluţie: hibernarea. Gânditorul va trebui ca periodic să lase gândirea să se odihnească – să-şi deconecteze mintea şi să doarmă – încetând producerea de entropie, dar continuând să evacueze căldura reziduală. Dacă pauza în gândire e suficient de lungă, atunci când Gânditorul se trezeşte, el va fi expulzat toate deşeurile şi nu va mai fi ameninţat de pericolul incinerării. Şi întrucât pe durata întreruperii el nu va gândi, la trezire nu va sesiza hiatusul. încurajaţi de soluţia aceasta, propusă iniţial de Dyson în articolul său de pionierat, îl asigurăm pe Gânditor că în ritmul acesta gândirea poate continua veşnic.

Aşa să fie oare?

Un ultim gând despre gândire

Două rezultate apărute în deceniile care s-au scurs de la articolul lui Dyson sunt relevante pentru strategie. Unul clarifică legătura dintre actul gândirii şi producerea de entropie, şi duce la o reinterpretare modestă a rezultatului. Celălalt aduce în discuţie expansiunea accelerată a spaţiului, care poate submina în întregime concluzia, plasând gândirea direct în vizorul entropiei.

Mai întâi, reinterpretarea. Esenţa raţionamentului lui Dyson este că

gândirea produce în mod necesar căldură. Am arătat că e plauzibil, amintind că gândirea e legată de informaţie, informaţia de entropie, iar entropia de căldură. Dar legăturile sunt subtile, iar idei mai recente, provenind în mare parte din domeniul informaticii, arată că există metode ingenioase de a efectua procesări elementare ale informaţiei – de exemplu a aduna unu şi cu unu pentru a obţine doi – fără a degrada energia.[37] Presupunând că gândirea şi calculul au aceeaşi natură, un Gânditor care adoptă această strategie nu va genera deloc deşeuri.

Considerente înrudite din domeniul informaticii arată însă că o versiune a legăturii gândire-entropie- căldură pe care s-a bazat analiza noastră iniţială rămâne intactă, doar cu o uşoară schimbare de nuanţă. Rezultatele arată că, dacă un calculator *şterge* toate bazele sale de date, se produce în mod necesar căldură reziduală. (Să ne amintim că, în general, căldura reziduală e produsă de procese care sunt greu de inversat, ca de pildă spargerea unui pahar; ştergerea datelor face dificilă inversarea unui calcul, de aceea nu e tocmai o surpriză că ştergerile produc căldură.)[38] Ţinând cont de asta, sfatul nostru pentru Gânditor necesită doar o uşoară modificare.

Gânditorul poate gândi fără a trebui să evacueze căldură atâta timp cât el nu şterge nici o amintire. Dar presupunând că Gânditorul are o dimensiune finită, el va avea o memorie cu capacitate finită

care mai devreme sau mai târziu se va umple. Din acest moment, tot ce mai poate face în interior e să rearanjeze informaţia fixă din memorie, rumegând la nesfârşit vechile gânduri – o versiune a nemuririi pentru care nu mulţi dintre noi ar opta. Dacă Gânditorul îşi doreşte capacitatea creativă de a gândi gânduri noi, de a crea amintiri noi, de a explora noi teritorii intelectuale, atunci el va trebui să permită ştergerea unor date, producând astfel căldură şi readucându-ne la situaţia discutată în secţiunea precedentă şi la strategia de hibernare recomandată acolo.

Al doilea rezultat e mai constrângător. Descoperirea că expansiunea spaţiului e accelerată ridică un obstacol nou şi eventual insurmontabil în calea gândirii fără sfârşit.[39] Dacă, aşa cum sugerează datele actuale, expansiunea accelerată continuă neabătut, atunci, aşa cum am văzut la etajul 12, galaxiile îndepărtate vor dispărea ca şi cum ar cădea de pe o faleză aflată la marginea spaţiului. Altfel spus, suntem înconjuraţi de un orizont sferic îndepărtat marcând hotarul a ceea ce, chiar şi în principiu, putem vedea. Tot ce e dincolo de acel hotar se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât a luminii, aşa încât lumina emisă de la asemenea distanţe nu va ajunge niciodată până la noi. Fizicienii numesc acel hotar îndepărtat *orizont cosmologic.*

Ne putem imagina orizontul cosmologic ca pe o enormă sferă strălucitoare,

asemănătoare unui aranjament sferic de becuri îndepărtate care produc o temperatură de fond în spaţiu. Voi explica asta în capitolul următor (se leagă de fizica găurilor negre, care şi ele au orizonturi strălucitoare, după cum a descoperit Stephen Hawking), dar aici subliniez doar că temperatura produsă de strălucirea orizontului cosmologic e complet diferită de temperatura de 2,7 grade Kelvin a fondului de microunde rămas de la big bang. Cu timpul, temperatura fondului de microunde va continua să scadă, apropiindu-se de zero absolut pe măsură ce spaţiul continuă să se extindă, şi radiaţia de microunde continuă să se dilueze în intensitate. Temperatura generată de orizontul cosmologic se comportă altfel. E constantă. E infimă – pe baza valorii măsurate a ratei expansiunii accelerate, este în jur de IO^{-30} grade Kelvin – dar persistentă. Iar pe termen lung, persistenţa contează.

Căldura curge spontan numai de la lucruri mai calde la altele mai reci. Cât timp temperatura Gânditorului e mai mare decât cea a universului, el poate radia în spaţiu căldura sa reziduală. Dar când temperatura lui scade sub cea a spaţiului, căldura va curge în sens invers – din spaţiu către Gânditor –, împiedicându-l să se debaraseze de căldura reziduală. Asta înseamnă că strategia hibernării e sortită eşecului. Pe măsură ce Gânditorul îşi reduce temperatura (ceea ce, să ne

aducem aminte, îi permite să continue să gândească indefinit cu un buget de energie finit), mai devreme sau mai târziu el va atinge valoarea infimă de IO”[30] grade Kelvin. în momentul acela jocul se încheie. Universul nu-i mai acceptă deşeurile. încă un gând (sau, mai precis, încă o ştergere), şi Gânditorul e fript.

Concluzia se bazează pe presupunerea că expansiunea accelerată a spaţiului va rămâne neschimbată. Nimeni nu ştie dacă aşa va fi. Acceleraţia ar putea creşte, propulsându-ne către o mare destrămare şi diminuând şi mai mult perspectivele vieţii şi gândirii. Sau ar putea scădea. Asta ar suprima orizontul cosmologic, ar stinge becurile îndepărtate şi ar permite ca temperatura universului să scadă indefinit. Aşa cum au arătat fizicienii Will Kinney şi Katie Freese, această posibilitate cosmologică ar restabili optimismul lui Dyson, permiţând Gânditorului ca, respectând întocmai programul de hibernare, să continue să gândească indefinit în viitor.[40]

Departe de mine intenţia de a stinge orice rază de speranţă pentru viitorul gândirii, dar e util să recapitulăm cum se prezintă lucrurile. Tot lanţul nostru de raţionamente e făurit din optimism. într-un univers din care lipseşte totul, de la stele şi planete până la molecule şi atomi, am presupus că Gânditorul poate să existe. Deşi particulele elementare stabile – precum electronii, neutrinii şi fotonii – vor pluti în jur, e nevoie de o imaginaţie

foarte bogată pentru ca ochiul minţii să le vadă adunându-se şi producând o structură gânditoare. Totuşi, pentru a fi cât mai deschişi la minte, am presupus că o asemenea entitate se poate forma. Şi e fără îndoială plăcut să aflăm că dacă universul se extinde în modul adecvat, există cel puţin şansa ca astfel de Gânditori să poată gândi indefinit. Dar e greu să evităm concluzia că viitorul îndepărtat al gândirii e precar.

într-adevăr, dacă expansiunea accelerată nu încetineşte, va veni un moment când gândirea va face ultima reverenţă. înţelegerea noastră e prea grosieră pentru a face o predicţie exactă, dar introducerea în ecuaţii a unor valori numerice aproximative sugerează că asta s-ar putea întâmpla în următorii IO^{50} ani. O mare necunoscută, cum am observat de la bun început, este dacă viaţa inteligentă va putea interveni în evoluţia cosmică, influenţând evoluţia stelelor şi galaxiilor, exploatând surse neaşteptate de energie de calitate înaltă, sau chiar controlând viteza expansiunii spaţiului. Dată fiind complexitatea inteligenţei, e imposibil să formulăm mai mult decât nişte ipoteze hazardate, de aceea am preferat să evit complet asemenea influenţe. Prin urmare, lăsând deoparte intervenţia inteligentă şi limitându-ne exclusiv la legea a doua a termodinamicii, conchidem că atunci când vom ajunge la etajul 50 se prea poate ca ultimul gând al universului să fie de domeniul trecutului.

în comparaţie cu toate scările de timp semnificative pentru noi, oamenii, IO^{50} ani e o durată spectaculoasă. Ea poate cuprinde timpul scurs de la big bang până în prezent de peste un miliard de miliarde de miliarde de miliarde de ori. Şi totuşi, privind, să zicem, de la înălţimea etajului 75, IO^{50} ani e o clipă efemeră – mult mai puţin, inimaginabil mai puţin decât timpul dintre momentul când aprindem o veioză şi momentul când lumina ajunge la ochii noştri. Şi bineînţeles, dacă universul e etern, orice durată, oricât de lungă, devine infinitezimală. Narată din perspectiva acestor durate mai lungi, povestea cosmologică ar decurge cam aşa: la o clipă după big bang a apărut viaţa, şi-a contemplat scurt timp existenţa într-un cosmos indiferent, după care s-a dizolvat. Este o recapitulare cosmică a lamentaţiei lui Pozzo, blamându-i pe cei care-l aşteaptă pe Godot: „Ele nasc călare pe-un mormânt, ziua străluceşte o clipă, apoi se face iar noapte.”—

Unii vor considera viitorul acesta dezolant. Chiar şi având cunoştinţele mai rudimentare de la mijlocul secolului XX, Bertrand Russell, cu a cărui evaluare ne-am întâlnit în capitolul 2, aşa l-a considerat. Eu văd altfel lucrurile. Pentru mine, viitorul pe care ştiinţa ne permite acum să-l întrezărim evidenţiază cât de rar, de minunat şi de preţios este momentul nostru de gândire, clipa noastră de lumină.

35. Specie umanoidă extraterestră din filmul *Avatar* (n. tr.).

36. Este vorba de fermioni, particule cu spin semiîntreg; bosonii, particulele cu spin întreg, nu sunt supuşi principiului de excluziune (n. tr.).

37. în engleză, Milkomeda şi respectiv Andromilky (n. tr.).

38. Samuel Beckett, *Aşteptându-l pe Godot,* Ed. Univers, Bucureşti 1970. Traducere în limba română de Gellu Naum (n. tr.).

10. AMURGUL TIMPULUI

Cuante, probabilităţi şi eternitate

Mult timp după sfârşitul gândirii, atunci când nu va mai fi rămas nici o fiinţă cugetătoare care să observe, legile fizicii vor continua să facă ceea ce au făcut dintotdeauna – să determine evoluţia realităţii. Iar astfel ele vor pune în evidenţă un aspect esenţial: mecanica cuantică şi eternitatea sunt strâns legate. Mecanica cuantică este un tip aparte de visător idealist, care permite un ansamblu vast de viitoruri posibile şi totodată îşi temperează viziunea exaltată specificând probabilitatea fiecărui rezultat posibil. Pe durate de timp familiare putem ignora fără nici un risc acele rezultate ale căror probabilităţi cuantice sunt atât de fantastic de mici, încât ar trebui să aşteptăm cu mult mai mult decât actuala vârstă a universului pentru a avea o şansă rezonabilă să le vedem realizate. Dar la scări de timp atât de vaste, încât prin comparaţie actuala vârstă a universului pare o clipă efemeră, multe posibilităţi pe care anterior le-am putut ignora trebuie acum luate în consideraţie. Iar dacă într-adevăr nu există un sfârşit al timpului, atunci toate rezultatele care nu sunt strict interzise de legile cuantice – de la familiar la bizar, de la probabil la neverosimil –

mai devreme sau mai târziu vor avea cu siguranţă momentul lor de glorie.[1]

în acest capitol vom examina câteva asemenea procese cosmologice rare, care aşteaptă cu răbdare să le vină vremea, când vor fi bătute pe umăr şi chemate să intre pe scena realităţii.

Dezintegrarea găurilor negre

La jumătatea secolului XX, dat fiind rolul lor decisiv în episoadele finale ale celui de-Al Doilea Război Mondial, fizicienii s-au bucurat de un mare prestigiu. Principalele domenii de cercetare erau fizica nucleară şi a particulelor elementare, investigaţii care, după cum spunea Freeman Dyson, i-au înzestrat pe fizicieni cu puterile aparent divine de „a elibera energia care alimentează stelele [...] pentru a lansa spre cer un milion de tone de rocă”.[2] Dimpotrivă, relativitatea generală era considerată de mulţi o disciplină specializată care-şi trăise deja zilele de glorie. Fizicianul John Wheeler a schimbat această percepţie. Contribuţiile lui Wheeler la fizica nucleară şi cuantică au fost numeroase şi influente, dar el a avut o afecţiune statornică pentru teoria relativităţii generale. A avut de asemenea o ciudată capacitate de a insufla altora entuziasmul său. în deceniile următoare, Wheeler va pregăti pe câţiva dintre cei mai străluciţi fizicieni ai lumii, care vor lucra împreună cu el pentru a restabili relativitatea generală ca un domeniu trepidant de cercetare ştiinţifică.

Wheeler a avut o fascinaţie aparte pentru găurile negre. Potrivit relativităţii generale, ceea ce cade într-o gaură neagră nu mai poate scăpa. Dispare. Pentru totdeauna. Reflectând asupra acestui fapt la începutul anilor 1970, Wheeler s-a confruntat cu o enigmă pe care a menţionat-o studentului său Jacob Bekenstein. Găurile negre păreau să ofere o strategie de-a gata pentru încălcarea legii a doua a termodinamicii. Să luăm o ceaşcă cu ceai fierbinte, s-a gândit Wheeler, şi s-o aruncăm într-o gaură neagră din apropiere. Unde se duce entropia ceaiului? Deoarece interiorul unei găuri negre e permanent inaccesibil celor din exterior, ceaiul fierbinte, cu entropia lui cu tot, par să fi dispărut. Wheeler îşi făcea griji că evacuarea entropiei într-o gaură neagră oferă un mijloc sigur pentru încălcarea deliberată a legii a doua.

După câteva luni, Bekenstein s-a întors la Wheeler cu o soluţie. Entropia ceaiului n-a dispărut, spunea el, ci pur şi simplu a fost transferată găurii negre. La fel cum, dacă pui mâna pe o cratiţă fierbinte, o parte din entropia acesteia e transferată mâinii, Bekenstein a sugerat că tot ce cade într-o gaură neagră îşi transferă entropia găurii negre înseşi.

E un răspuns firesc, care-i trecuse prin minte şi lui Wheeler.[3] Dar apare numaidecât o problemă. Aşa cum am văzut, entropia numără rearanjările constituenţilor unui sistem în urma cărora

el „arată practic la fel”. Sau, mai precis, entropia numără configuraţiile distincte ale constituenţilor microscopici ai unui sistem care sunt compatibile cu starea lui macroscopică. Dacă ceaiul îşi transferă entropia găurii negre, entropia trebuie să se manifeste ca o creştere a numărului rearanjărilor interne ale găurii negre, care nu au nici un efect asupra caracteristicilor sale macroscopice.

Iată care e problema: la sfârşitul anilor 1960 şi începutul anilor 1970, fizicienii Werner Israel şi Brandon Carter au folosit ecuaţiile relativităţii

* * generale

pentru a demonstra că o gaură neagră e complet determinată de numai trei numere: masa, momentul cinetic (cât de repede se roteşte) şi sarcina electrică.[4] Odată ce am măsurat aceste caracteristici macroscopice, dispunem de toate informaţiile necesare pentru a descrie complet gaura neagră. Ceea ce înseamnă că două găuri negre care au aceleaşi caracteristici macroscopice – aceeaşi masă, acelaşi moment cinetic şi aceeaşi sarcină electrică – sunt identice până în ultimul detaliu. Prin urmare, spre deosebire de un ansamblu de monede în care specificarea stării, să zicem, 38 de aversuri şi 62 de reversuri, permite miliarde şi miliarde de configuraţii diferite, şi spre deosebire de un rezervor de aburi în care specificarea volumului, a temperaturii şi a presiunii permite un număr colosal de configuraţii distincte ale

moleculelor, în cazul găurilor negre specificarea masei, momentului cinetic şi sarcinii electrice indică în mod rigid o singură configuraţie. Fără nici o altă configuraţie de luat în seamă, fără sosii de enumerat, găurile negre lasă impresia că n-au deloc entropie. Aruncaţi o ceaşcă de cafea într-o gaură neagră, şi s-ar zice că entropia dispare. Confruntată cu o gaură neagră, legea a doua a termodinamicii pare să capituleze.

Bekenstein n-a fost de acord. Găurile negre, spunea el, au entropie. Mai mult, atunci când ceva cade în ea, entropia găurii negre creşte exact cât să fie respectată legea a doua. Pentru a înţelege esenţa raţionamentului lui Bekenstein, să observăm în primul rând că, atunci când ceva cade într-o gaură neagră, masa nu se pierde. Oricine a studiat şi a înţeles relativitatea generală va fi de acord că tot ce cade într-o gaură neagră se manifestă printr-o creştere a masei acesteia. Pentru a vizualiza procesul, să ne imaginăm *orizontul evenimentelor* unei găuri negre, suprafaţa sferică ce-i defineşte graniţa şi marchează locurile dincolo de care întoarcerea e imposibilă. Matematica arată că raza orizontului evenimentelor e proporţională cu masa găurii negre: mai puţină masă înseamnă un orizont mai mic; mai multă masă, un orizont mai mare. Când arunci ceva în ea, masa găurii negre creşte, aşa încât ne putem imagina că orizontul se dilată ca răspuns. Gaura neagră mănâncă, iar talia ei sferică se

lărgeşte.

Urmând spiritul abordării lui Bekenstein[5], să ne imaginăm acum că aruncăm o sondă foarte specială, concepută cu grijă pentru a examina cum reacţionează o gaură neagră la entropie. în acest scop, pregătim un singur foton a cărui lungime de undă e atât de mare – ale cărui poziţii posibile sunt atât de dispersate –, încât atunci când întâlneşte gaura neagră, cea mai precisă descriere a rezultatului se exprimă printr-o singură unitate de informaţie: fotonul fie a căzut, fie n-a căzut în gaura neagră. Poziţia fotonului e atât de nebuloasă, încât dacă e capturat de gaura neagră nu putem oferi o descriere mai detaliată, de pildă să precizăm că fotonul a intrat în gaura neagră prin cutare sau cutare loc de pe orizont. Un asemenea foton poartă o singură unitate de entropie, aşa încât ne permite să examinăm matematic cum reacţionează gaura neagră atunci când consumă o singură porţie de entropie.

Deoarece fotonul are energie, şi deoarece energia şi masa sunt cele două feţe ale aceleiaşi monede einsteiniene (conform $E = mc^2$), dacă gaura neagră consumă fotonul, masa ei creşte uşor, iar orizontul evenimentelor se extinde uşor. Bekenstein a observat un tipar esenţial: aruncând în gaura neagră o unitate de entropie, orizontul evenimentelor se extinde cu o unitate de arie (aşa-numita *unitate cuantică de arie* sau *arie Planck,* care e aproximativ IO”^{70} m^2).[6] Aruncaţi

două unităţi de entropie, iar suprafaţa va creşte cu două unităţi de arie. Şi aşa mai departe. Aria suprafeţei orizontului evenimentelor unei găuri negre pare deci să ţină evidenţa entropiei ingerate de gaura neagră. Bekenstein a înălţat tiparul la rangul unei propuneri: *entropia totală a unei găuri negre e dată de aria totală a orizontului evenimentelor* (măsurată în unităţi Planck). Aceasta a fost noua idee pe care Bekenstein i-a comunicat-o lui Wheeler.

Bekenstein n-a putut explica legătura surprinzătoare dintre entropia unei găuri negre şi suprafaţa sa exterioară, orizontul evenimentelor; legătura e neaşteptată deoarece entropia unui obiect obişnuit, precum ceaşca de ceai, e conţinută în interiorul său, în volumul său. El n-a putut explica nici relaţia dintre propunerea sa şi cadrul convenţional în care entropia enumeră rearanjările posibile ale ingredientelor microscopice ale găurii negre (o chestiune care va stagna până la mijlocul anilor 1990, când teoria corzilor va aduce clarificări). Dar ca instrument de calcul, propunerea lui a oferit o metodă cantitativă de a salva legea a doua a termodinamicii. Remediul e imediat: în calculul entropiei totale, trebuie să ţinem seama nu numai de contribuţiile materiei şi radiaţiei, ci şi de contribuţiile găurilor negre. Aruncând ceaiul în gaura neagră reducem entropia micului dejun, dar dacă vom calcula creşterea ariei suprafeţei orizontului evenimentelor găurii negre ne

vom da seama că scăderea entropică de care ne bucurăm acasă e compensată de creşterea entropiei găurii negre. Oferind un algoritm care include găurile negre în contabilizarea entropiei, Bekenstein a repus în drepturi legea a doua, permiţându-i să păşească din nou cu capul sus.

Când Stephen Hawking a auzit de propunerea lui Bekenstein, a considerat-o ridicolă. Mulţi alţi fizicieni au avut o atitudine similară. Complet determinate de numai trei numere şi constând în cea mai mare parte din spaţiu vid (tot ce cade într-o gaură neagră e implacabil atras spre singularitatea centrală), găurile negre dobândiseră aura unei simplităţi absolute. Grosier spus, ideea era că găurile negre nu pot purta dezordine, fiindcă nimic din ele nu poate fi dezordonat. Conducând atacul împotriva propunerii lui Bekenstein, Hawking a efectuat propriile sale calcule folosind o combinaţie delicată între metodele matematice ale relativităţii

*

generale şi cele ale mecanicii cuantice despre care el a anticipat că vor dezvălui rapid o eroare în raţionamentul lui Bekenstein. în schimb, calculele l- au condus pe Hawking la o concluzie atât de şocantă, încât i-a luat ceva timp ca s-o creadă. Analiza lui Hawking nu doar că a confirmat-o pe a lui Bekenstein, dar a revelat şi alte surprize: găurile negre au o *temperatură* şi *strălucesc.* Ele emit

radiaţie. Găurile negre sunt negre doar cu numele. Sau, mai precis spus, ele sunt negre numai dacă ignorăm fizica cuantică.

Pe scurt, iată esenţa raţionamentului lui Hawking.

Potrivit mecanicii cuantice, o regiune oricât de minusculă a spaţiului va adăposti întotdeauna activitate cuantică. Chiar dacă regiunea este aparent vidă, părând să nu conţină deloc energie, teoria cuantică arată că în realitate conţinutul ei de energie fluctuează rapid în sus şi în jos, având energie zero numai *în medie.* Sunt acelaşi tip de fluctuaţii care au dat naştere variaţilor de temperatură din radiaţia cosmică de fond de microunde cu care ne-am întâlnit în capitolul 3. Prin intermediul relaţiei $E = mc^2$, asemenea fluctuaţii cuantice ale energiei se pot manifesta şi ca fluctuaţii cuantice ale masei – particule împreună cu antiparticulele lor asociate apărând instantaneu într-un spaţiu altminteri vid. Aceasta se întâmplă chiar acum în faţa ochilor noştri, dar oricât de intens am privi nu vom vedea nici o dovadă. Motivul este că mecanica cuantică dictează de asemenea că astfel de perechi particulă- antiparticulă se găsesc rapid una pe alta, se anihilează şi dispar din nou în spaţiul vid. Detectăm amprente indirecte ale acestor activităţi efemere fiindcă numai incluzându-le în calcule se obţine

*

uimitorul acord dintre predicţii şi măsurători, care pe bună dreptate a făcut

din mecanica cuantică piesa centrală a fizicii fundamentale.[7]

Hawking a reconsiderat aceste procese cuantice, dar de data asta şi le-a imaginat desfăşurându-se imediat în exteriorul orizontului evenimentelor unei găuri negre. Atunci când o pereche particulă-antiparticulă îşi face apariţia aici, uneori cele două particule se vor anihila rapid, la fel ca oriunde altundeva. Dar, şi acesta e aspectul important, Hawking şi-a dat seama că, din când în când ele nu se vor anihila. Câteodată unul din membrii perechii va fi absorbit de gaura neagră. Particula supravieţuitoare, lipsită acum de un partener cu care să se anihileze (şi obligată să conserve impulsul total), o ia la goană, îndepărtându-se rapid. Cum asta se întâmplă în mod repetat în fiecare regiune minusculă a spaţiului din jurul întregii suprafeţe a orizontului sferic al găurii negre, ea va părea că radiază particule în toate direcţiile, ceea ce numim acum *radiaţie Hawking.*

Mai mult, potrivit calculelor, toate particulele care cad în gaura neagră au energie negativă (deloc surprinzător, dat fiind că particula-partener care a scăpat de gaură are energie pozitivă, iar energia totală trebuie să se conserve). Pe măsură ce gaura neagră consumă aceste particule cu masă negativă, este ca şi cum ar îngurgita calorii negative, rezultatul fiind că masa ei scade, nu creşte. Văzută din exterior, gaura neagră pare să se contracte continuu pe măsură ce radiază

particule. Dacă sursa radiaţiei nu ar fi una exotică – o gaură neagră imersată în baia cuantică de particule fluctuante inerentă spaţiului vid –, procesul ar părea complet banal, ca o bucată de cărbune incandescent care radiază fotoni pe măsură ce se mistuie.[8]

O gaură neagră care creşte, consumând ceai fierbinte sau stele turbulente, se conformează întru totul legii a doua a termodinamicii. La fel şi o gaură neagră care se contractă: scăderea ariei orizontului evenimentelor înseamnă că entropia ei scade, dar radiaţia emisă care se scurge spre exterior, răspândindu-se în spaţiu, transferă mediului o cantitate de entropie mai mult decât compensatoare. Coregrafia este cea familiară: în timp ce radiază, găurile negre dansează pasul în doi entropie.

Rezultatul lui Hawking a dat acestor considerente precizie matematică. între multe altele, el a descoperit o formulă riguroasă pentru temperatura unei găuri negre care radiază. Voi da o explicaţie calitativă a acestui rezultat în secţiunea următoare

*

(cei interesaţi de matematică pot găsi formula în notele finale)[9], dar trăsătura cea mai relevantă pentru noi aici este că temperatura e *invers* proporţională cu masa găurii negre. Aşa cum câinii maturi din rasa dog german sunt mari şi blânzi, iar căţeluşii de rasă shih tzu— sunt mici şi agitaţi, găurile negre mari sunt calme şi reci, iar găurile negre mici sunt frenetice

şi fierbinţi. Câteva numere, obţinute graţie formulei lui Hawking, clarifică lucrurile. Pentru o gaură neagră mare, precum cea din centrul galaxiei noastre, cu o masă de patru milioane de ori cea a Soarelui, formula lui Hawking îi fixează temperatura la valoarea infimă de o sutime de bilionime (IO^{14}) de grad Kelvin peste zero absolut. Pentru o gaură neagră mai mică, având o masă egală cu cea a Soarelui, temperatura e ceva mai mare, dar departe de a fi agreabilă, în jur de o zecime de milionime (IO^{-7}) de grad Kelvin. O gaură neagră minusculă, cu masa, să zicem, a unei portocale, va străluci orbitor cu o temperatură de aproximativ un bilion de bilioane (IO^{24}) de grade Kelvin.

O gaură neagră cu o masă mai mare decât a Lunii are o temperatură mai scăzută decât cele 2,7 grade ale radiaţiei fondului de microunde care inundă în prezent* cosmosul. Foarte util pentru o conversaţie erudită la un cocteil, acesta e un fapt cu semnificaţie cosmologică. Deoarece căldura curge spontan de la temperaturi mai înalte către temperaturi mai joase, ea va curge dinspre mediul glacial plin cu microunde care înconjoară o asemenea gaură neagră către gaura neagră încă şi mai glacială. Deşi emite radiaţie Hawking, per total gaura neagră absoarbe mai multă energie decât eliberează, mărindu-şi încetul cu încetul masa. întrucât până şi cele mai mici găuri negre descoperite până în prezent prin observaţii astronomice sunt mult mai

masive decât
*
Luna, toate sunt într-un proces de îngrăşare. Pe măsură însă ce universul continuă să se extindă, radiaţia de fond de microunde va continua să se
*
dilueze şi să se răcească. în viitorul îndepărtat, când temperatura de fond a spaţiului va scădea sub cea a oricărei găuri negre, balanţa energetică se va inversa, gaura neagră va emite mai mult decât primeşte, şi ca urmare va începe să se contracte.

După un timp suficient de lung, chiar şi găurile negre vor dispărea.

Sunt multe întrebări legate de găurile negre care rămân în prima linie a cercetării ştiinţifice contemporane, iar una de considerabilă importanţă pentru discuţia noastră de aici priveşte momentele finale ale existenţei lor. Pe măsură ce o gaură neagră radiază, masa ei scade şi, în schimb, temperatura ei creşte. Ce se întâmplă atunci când gaura neagră e pe cale să dispară, când masa se apropie de zero, şi temperatura creşte rapid spre infinit? Explodează? Fâsâie? Altceva? Nu ştim. Dar chiar şi aşa, cunoaşterea cantitativă a radiaţiei Hawking i-a permis fizicianului Don Page să determine viteza cu care se contractă o gaură neagră dată, iar în felul acesta timpul până în momentul final – indiferent de detaliile acelui moment.[10] Considerând masa Soarelui reprezentativă pentru găurile negre care se formează dintr-o stea muribundă, rezultatul lui Page arată

că aproximativ la etajul 68 al Empire State Building, IO^{68} ani după big bang, astfel de găuri negre se vor fi evaporat.

Dezintegrarea găurilor negre extreme

Găurile negre despre care se crede că se află în centrul majorităţii, dacă nu al tuturor galaxiilor, au mase colosale. Odată cu progresul investigaţiilor astronomice, fiecare deţinător al recordului e detronat de următorul, campionii maselor apropiindu-se de o sută de miliarde de ori cea a Soarelui. O gaură neagră cu asemenea masă are un orizont al evenimentelor atât de mare, încât s-ar extinde de la Soare până dincolo de orbita lui Neptun, o bună parte a distanţei până la Norul lui Oort. Chiar dacă cunoştinţele voastre despre Oort şi îndepărtatul său nor sunt cam prăfuite, e suficient să ştiţi că lumina solară are nevoie de peste o sută de ore ca să ajungă acolo, prin urmare vorbim despre o gaură neagră cu anvergură monstruoasă. Dar aşa cum voi explica acum, dimensiunea enormă a acestor găuri negre ascunde un comportament blajin.

Conform relativităţii generale, reţeta pentru construirea unei găuri negre e cât se poate de simplă: adunaţi o cantitate oarecare de masă şi formaţi o sferă cu o rază suficient de mică.[11] Desigur, chiar şi cunoştinţe superficiale despre găurile negre conduc la bănuiala că „suficient de

mic” înseamnă *realmente* mic, *spectaculos* de mic, *ridicol* de mic. Iar uneori bănuiala e justificată. Pentru a transforma un grepfrut într-o gaură neagră, acesta trebuie comprimat la un diametru de aproximativ IO”[25] centimetri; pentru a transforma Pământul într-o gaură neagră, el trebuie comprimat la un diametru de aproximativ doi centimetri; iar în cazul Soarelui, diametrul trebuie să fie de vreo şase kilometri. Fiecare exemplu presupune o compresie fantastică a materiei, contribuind la intuiţia generală că pentru a forma o gaură neagră e nevoie de densităţi fenomenale. Dar, dacă am continua să catalogăm exemple mult dincolo de masa Soarelui, concentrându-ne asupra formării unor găuri negre tot mai mari, am descoperi un tipar ce poate părea surprinzător.

Pe măsură ce cantitatea de materie folosită pentru a crea gaura neagră creşte, densitatea la care trebuie comprimată materia aceea *scade.* Dacă îmi permiteţi să apelez puţin la matematică, motivul se vede imediat: deoarece raza orizontului evenimentelor e direct proporţională cu masa găurii negre, volumul e direct proporţional cu cubul masei, aşa încât densitatea medie – masa împărţită la volum – *scade* cu pătratul masei. Măriţi masa de două ori, iar densitatea va scădea de patru ori; măriţi masa de o mie de ori, iar densitatea va scădea de un milion de ori. Lăsând matematica deoparte, aspectul calitativ

este că în formarea unei găuri negre, cu cât masa e mai mare, cu atât ea trebuie comprimată mai puţin.
Pentru a construi o gaură neagră precum cea din centrul Căii Lactee, a cărei masă e de aproximativ patru milioane de ori cea a Soarelui, e nevoie de materie cu o densitate de circa o sută de ori mai mare decât a plumbului, ceea ce încă pune probleme serioase de compresie. Pentru a construi una cu o masă de o sută de milioane de ori cea a Soarelui, densitatea necesară scade până la cea a apei. Iar pentru a construi una de patru miliarde de ori mai masivă decât Soarele, e nevoie de o densitate echivalentă cu cea a aerului pe care-l respirăm. Adunaţi o masă de aer de patru miliarde de ori mai mare decât a Soarelui şi, spre deosebire de cazul unui grepfrut, al Pământului sau al Soarelui, pentru a crea o gaură neagră nu va fi nevoie de nici o compresie. Gravitaţia care acţionează asupra aerului va forma de una singură o gaură neagră.

Nu susţin că pungile de aer sunt o materie primă realistă pentru crearea găurilor negre supermasive, dar faptul că o gaură neagră cu masa de patru miliarde de ori mai mare decât a Soarelui are o densitate medie egală cu a aerului este remarcabil, şi o ilustrare elocventă a modului în care proprietăţile găurilor negre pot să difere de concepţiile populare.[12] Gigantice în privinţa masei şi dimensiunii, asemenea găuri negre sunt delicate sub aspectul densităţilor medii,

transformându-le categoric în nişte uriaşi blânzi. în sensul acesta, găurile negre mai mari sunt mai puţin extreme decât cele mai mici, constatare care oferă o explicaţie intuitivă a descoperirii lui Hawking, potrivit căreia cu cât o gaură neagră e mai masivă, cu atât temperatura sa e mai scăzută, şi strălucirea sa mai slabă.

Longevitatea găurilor negre mari beneficiază aşadar de pe urma a doi factori corelaţi: ele au mai multă masă de radiat şi, date fiind temperaturile lor mai joase, o radiază mai lent. Introducând numere în ecuaţii, găsim că o gaură neagră cu o masă de aproximativ o sută de miliarde de ori mai mare decât a Soarelui se va dezagrega într-un ritm atât de relaxat, încât numai când vom ajunge la ultimul etaj al Empire State Building, etajul 102, ea îşi va fi dat ultima suflare radiativă, devenind într-adevăr neagră.[13]

Un sfârşit al timpului

Privind universul de la etajul 102, nu vom vedea decât o ceaţă difuză de particule plutind prin spaţiu. Când şi când, atracţia dintre un electron şi antiparticula sa, pozitronul, îi va aduce tot mai aproape pe o traiectorie spirală până se vor anihila într-o sclipire minusculă, un punct luminos ce străpunge preţ de o clipă întunericul. Dacă energia întunecată a secat, şi expansiunea rapidă a spaţiului s-a încetinit, e posibil ca particulele să se

acumuleze în găuri negre şi mai masive, care vor radia şi mai lent, iar ca urmare vor trăi şi mai mult. Dar dacă energia întunecată persistă, expansiunea accelerată va îndepărta tot mai repede particulele unele de altele, făcând ca ele să se întâlnească rar sau deloc, în mod straniu, aceste condiţii seamănă oarecum cu cele imediat ulterioare big bang-ului, când spaţiul era de asemenea populat cu particule separate. Deosebirea e că în universul timpuriu densitatea particulelor era atât de mare, încât gravitaţia le-a convins cu uşurinţă să formeze structuri precum stele şi planete, pe când în universul târziu particulele vor fi foarte dispersate, şi expansiunea accelerată a spaţiului implacabilă, aşa încât asemenea aglomerări vor fi extraordinar de improbabile. Este o versiune cosmică a pulberii care se întoarce în pulbere, în care pulberea primordială a avut toate condiţiile pentru a dansa pasul în doi entropie, gravitaţia determinând-o să formeze structuri astronomice ordonate, pe când cea de mai târziu va fi atât de dispersată, încât se va mulţumi să rătăcească în tăcere prin vid.

Fizicienii asemuiesc uneori această eră viitoare cu sfârşitul timpului. Nu-i vorba că timpul s-ar opri. Dar atunci când acţiunea va însemna doar că o particulă izolată se deplasează în vastitatea spaţiului din locul acesta în locul acela, e rezonabil să conchidem că universul a trecut definitiv în uitare. Intenţia noastră

din acest capitol de a considera durate şi mai lungi face însă relevante procese atât de improbabile, încât în alte contexte ar fi respinse dintru început. Oricât de greu de imaginat, aceste evenimente rare ar putea întrerupe uitarea cu posibilităţi sporadice, dar bogate în consecinţe.

Dezintegrarea vidului

La o conferinţă de presă ţinută pe 4 iulie 2012 la CERN, Centrul European pentru Cercetări Nucleare, purtătorul de cuvânt Joe Incandela a anunţat descoperirea îndelung căutatei particule Higgs. Eu urmăream transmisia în direct la Centrul de Fizică Aspen împreună cu o mulţime de colegi. Era în jurul orei 2 a.m. Toată lumea a izbucnit în ovaţii. Camera de luat vederi s-a oprit asupra lui Peter Higgs, care şi-a scos ochelarii şi şi-a şters ochii. Higgs propusese particula care-i poartă numele în urmă cu aproape cincizeci de ani, înfruntase cu succes rezistenţa pe care o întâmpină uneori ideile nefamiliare şi aşteptase o viaţă întreagă ca să afle că avea dreptate.

În timpul unei lungi plimbări în împrejurimile oraşului Edinburgh, tânărul Peter Higgs a rezolvat o enigmă care-i nedumerise pe cercetătorii din întreaga lume. Cadrul matematic pentru a descrie forţele tare, slabă şi electromagnetică, precum şi particulele de materie pe care le influenţează aceste forţe se contura cu

repeziciune. Lucrând umăr la umăr, teoreticienii şi experimentatorii scriau un manual de mecanică cuantică, expunând funcţionarea lumii microscopice. Exista însă o omisiune flagrantă. Ecuaţiile nu puteau să explice cum îşi dobândesc particulele fundamentale masa. De ce atunci când împingi particule fundamentale (cum ar fi electronii sau cuarcii), simţi că ele opun rezistentă? Această rezistentă reflectă masa particulei, dar ecuaţiile păreau să spună altceva: potrivit matematicii, particulele n-ar trebui să aibă masă, deci să nu opună nici o rezistenţă. Evident, nepotrivirea dintre realitate şi matematică îi exaspera pe fizicieni.

Motivul pentru care matematica părea să admită numai particule fără masă e puţin cam tehnic, dar se reduce la o problemă de simetrie. La fel cum o bilă de biliard arată la fel indiferent cum o răsuceşti, ecuaţiile care descriu particulele fundamentale arată la fel dacă schimbi un termen matematic cu altul. în ambele cazuri, insensibilitatea la schimbare – orientarea bilei şi respectiv rearanjarea matematică a ecuaţiilor – reflectă un grad înalt de simetrie subiacentă. în cazul bilei, simetria face ca ea să se rostogolească lin. în cazul ecuaţiilor, simetria face ca analiza matematică să decurgă. După cum şi-au dat seama cercetătorii din fizica particulelor, fără această simetrie ecuaţiile ar fi inconsistente, producând

absurdităţi similare cu rezultatul împărţirii lui unu cu zero. De unde enigma: analizele au dezvăluit că aceeaşi simetrie matematică ce asigură ecuaţii viabile pretinde particule cu masă zero (ceea ce poate că n-ar trebui să surprindă, zero fiind el însuşi un număr foarte simetric, păstrându-şi ferm valoarea atunci când e înmulţit sau împărţit cu oricare alt număr).

Aici a intervenit Higgs. El a susţinut că, în mod intrinsec, particulele *au* masă zero, exact cum pretind ecuaţiile simetrice originare. Totuşi, a continuat Higgs, atunci când sunt aruncate în lume, particulele dobândesc masă printr-o influenţă a mediului. Higgs şi-a imaginat că spaţiul e plin cu o substanţă invizibilă, numită acum *câmpul Higgs,* şi că particulele împinse prin acest câmp percep o forţă de rezistentă oarecum asemănătoare cu cea percepută de o minge de wiffleball— care zboară prin aer. Deşi mingea de wiffleball are o greutate neglijabilă, dacă o scoţi pe geamul unei maşini şi apeşi pe accelerator, braţul şi mâna în care ţii mingea vor simţi un efort: mingea pare masivă, fiindcă întâmpină rezistenţa exercitată de aer. în mod similar, a propus Higgs, atunci când împingi o particulă, ea pare masivă fiindcă întâmpină rezistenţa exercitată de câmpul Higgs. Cu cât particula e mai grea, cu atât ea se opune mai mult împingerii, ceea ce potrivit lui Higgs înseamnă că particula întâmpină o rezistenţă mai puternică din

partea câmpului care umple tot spaţiul.[14]

Chiar dacă nu sunteti familiarizaţi cu noţiunea de câmp Higgs, dar aţi citit cu atenţie capitolele precedente, ideea nu pare din cale afară de exotică. Fizica modernă s-a obişnuit cu ideea unor substanţe invizibile care inundă spaţiul, versiuni recente ale vechiului eter. De la câmpul inflaton care e posibil să fi impulsionat big bang-ul, la energia întunecată care poate că e răspunzătoare de expansiunea accelerată a universului măsurată în prezent, fizicienii din ultimele decenii nu s-au sfiit să propună ideea că spaţiul e umplut de materie invizibilă. Dar în anii 1960 ideea era radicală. Higgs sugera că, dacă spaţiul ar fi într-adevăr vid în sensul convenţional şi intuitiv, particulele nu ar avea deloc masă. Drept care a conchis că spaţiul nu poate fi vid, iar substanţa pe care o conţine trebuie să aibă exact proprietăţile care să îmbibe particulele cu masa lor observabilă.

Primul articol în care Higgs a susţinut această nouă propunere a fost respins din capul locului. „Mi s-a spus că vorbesc prostii”, şi-a amintit Higgs reacţia.[15] Dar cei care au studiat cu atentie ideea i-au sesizat meritele, şi treptat ea a intrat în uz. în cele din urmă a fost acceptată pe deplin. Am întâlnit prima oară propunerea lui Higgs la un curs de doctorat în anii 1980, unde a fost prezentată cu atâta certitudine, încât o vreme nu mi-am dat seama că încă nu fusese confirmată experimental.

Strategia pentru testarea propunerii e pe cât de uşor de descris, pe atât de greu de pus în practică. Când două particule, să zicem doi protoni, se ciocnesc la viteze foarte mari, ciocnirea trebuie să perturbe câmpul Higgs. în teorie, din când în când aceasta va elibera o picătură minusculă de câmp, care se va manifesta ca un nou tip de particulă elementară – *particula Higgs* –, ceea ce laureatul Nobel Frank Wilczek numeşte „o aşchie desprinsă din vechiul vid”. Vederea acestei particule ar fi aşadar o dovadă concludentă în favoarea teoriei, obiectiv care a inspirat mai mult de treizeci de ani de cercetări efectuate de mai mult de trei mii de oameni de ştiinţă din peste treizeci de ţări, folosind cel mai puternic accelerator de particule din lume, şi ale cărui costuri au depăşit cincisprezece miliarde de dolari. Concluzia acelei odisei, anunţată în conferinţa de presă din Ziua Independenţei, a fost semnalată de o mică proeminenţă într-un grafic altminteri neted, produs de datele colectate la Large Hadron Collider – confirmare experimentală a detectării particulei Higgs.

Este un episod minunat din analele descoperirilor umane, care aprofundează cunoaşterea proprietăţilor particulelor şi ne sporeşte încrederea în capacitatea matematicii de a dezvălui aspecte ascunse ale realităţii. Relevanţa câmpului Higgs pentru călătoria noastră în timpul cosmic ţine de un considerent înrudit, dar distinct

– la un anumit moment în viitor valoarea câmpului Higgs s-ar putea schimba. Şi la fel cum rezistenţa întâmpinată de o minge de wiffleball s-ar modifica dacă densitatea aerului ar fi diferită, masele particulelor fundamentale s-ar modifica dacă valoarea câmpului Higgs prin care se mişcă ar fi diferită. Dacă ar fi cât de cât semnificativă, o asemenea schimbare ar distruge aproape sigur realitatea aşa cum o cunoaştem. Atomii, moleculele şi structurile pe care le construiesc depind în mod intim de proprietăţile particulelor constituente. Soarele străluceşte graţie fizicii şi chimiei hidrogenului şi heliului, care depind de proprietăţile protonilor, neutronilor, electronilor, neutrinilor şi fotonilor. Celulele îşi îndeplinesc funcţiile mai ales graţie fizicii şi chimiei constituenţilor moleculari, care şi ei depind de proprietăţile particulelor fundamentale. Dacă se schimbă masele particulelor fundamentale, se schimbă comportamentul lor, iar astfel se schimbă totul.

Numeroase experimente de laborator şi observaţii astronomice au stabilit că în cea mai mare parte, dacă nu pe toată durata ultimilor 13,8 miliarde de ani, masele particulelor fundamentale au fost constante, prin urmare valoarea câmpului Higgs a fost stabilă. Dacă însă există fie şi numai o probabilitate infimă ca în viitor câmpul Higgs să sară la o altă valoare, acea probabilitate va fi aproape cu certitudine amplificată în duratele enorme

pe care le examinăm acum.

Fizica relevantă pentru un salt Higgs se numeşte *tunelare cuantică* sau *efect tunel,* un proces cuantic care poate fi mai bine înţeles examinându-l în prealabil într-un cadru mai simplu. Să plasăm o bilă într-o cupă de şampanie goală; dacă nimeni n-o deranjează, ne aşteptăm ca bila să rămână acolo. La urma urmei, e înconjurată de bariere şi nu are suficientă energie pentru a escalada pereţii paharului şi a evada prin deschizătură. Şi nici pentru a trece direct prin sticlă. în mod similar, dacă plasăm un electron într-o capcană în forma unei minuscule cupe de şampanie, înconjurându-l din toate părţile cu bariere, ne-am aştepta ca şi el să rămână acolo. Şi într-adevăr, în cea mai mare parte a timpului, electronul rămâne acolo. Uneori însă nu rămâne. Uneori electronul dispare din capcană şi se rematerializează în exterior.

Oricât de surprinzătoare ar părea o asemenea mişcare demnă de Houdini—, în mecanica cuantică ea este ceva obişnuit. Folosind ecuaţia lui Schrodinger, putem calcula probabilitatea ca un electron să se găsească într-un loc sau altul, de pildă în interiorul sau în exteriorul capcanei. Matematica arată că, cu cât capcana e mai solidă – cu cât pereţii sunt mai înalţi şi mai groşi – cu atât probabilitatea ca electronul să scape e mai mică. Dar, şi aceasta e cheia, pentru ca probabilitatea să fie zero, capcana ar trebui să fie infinit de largă sau infinit de înaltă, iar în lumea

reală aşa ceva nu se întâmplă. O probabilitate diferită de zero, oricât de mică, înseamnă că, dacă aşteptăm suficient de mult, mai devreme sau mai târziu electronul *va trece* în partea cealaltă. Observaţiile confirmă acest lucru. Prin „tunelare cuantică” se înţelege această traversare a barierei.

Am prezentat tunelarea cuantică în termenii unei particule care străpunge o barieră, schimbându-şi poziţia dintr-un loc într-altul, dar ea poate să implice şi un câmp care străpunge o barieră, schimbându-şi astfel valoarea. Un asemenea proces, implicând câmpul Higgs, poate să decidă soarta pe termen lung a universului.

În unităţile convenţionale folosite de fizicieni, valoarea actuală a câmpului Higgs este 246.[16] De ce 246? Nimeni nu ştie. Dar forţa de rezistenţă produsă de un câmp Higgs cu această valoare (împreună cu modul precis în care fiecare particulă interacţionează cu el) reuşeşte să explice masele particulelor fundamentale. De ce a rămas valoarea Higgs stabilă timp de miliarde de ani? Răspunsul, credem, este că valoarea Higgs, la fel ca bila din cupă sau electronul din capcană, e înconjurată din toate părţile de bariere solide: dacă câmpul Higgs ar încerca să migreze de la 246 la un număr mai mare sau mai mic, bariera l-ar obliga să revină la valoarea iniţială, la fel cum bila revine pe fundul cupei după ce cineva a scuturat-o. Iar în lipsa considerentelor cuantice, valoarea

Higgs ar rămâne permanent 246. Dar, aşa cum a descoperit Sidney Coleman la jumătatea anilor 1970, tunelarea cuantică schimbă povestea.[17]

La fel cum mecanica cuantică permite ocazional unui electron să scape prin efect tunel dintr-o capcană, ea permite şi ca valoarea câmpului Higgs să tuneleze o barieră. Dacă s-ar întâmpla aşa ceva, câmpul Higgs nu şi-ar schimba valoarea simultan în tot spaţiul. în schimb, într-o regiune minusculă selectată prin natura aleatorie a evenimentelor cuantice, câmpul Higgs ar tunela bariera către o valoare diferită. Apoi, aşa cum o bilă care răzbate prin cupa de şampanie va cădea la o înălţime mai joasă, valoarea câmpului Higgs va cădea la o energie mai joasă. Momeala unei energii mai joase va ademeni câmpul Higgs din locuri învecinate să facă de asemenea tranziţia, un efect de domino care va produce o sferă tot mai extinsă în interiorul căreia valoarea Higgs s-a schimbat.

în interiorul sferei, noua valoare Higgs va provoca schimbarea masei particulelor, aşa încât caracteristicile familiare ale fizicii, chimiei şi biologiei nu vor mai fi valabile. în afara sferei, unde valoarea Higgs încă nu s-a modificat, particulele îşi vor păstra proprietăţile obişnuite, şi totul va părea normal. Coleman a arătat că suprafaţa sferei, marcând tranziţia de la vechea la noua valoare

*

Higgs, s-ar extinde cu o viteză foarte apropiată de cea a luminii.[18] Ceea ce

înseamnă că acelora dintre noi aflaţi în lumea exterioară le-ar fi practic imposibil să vadă apropierea zidului apocaliptic. în clipa când l-am vedea, ar fi deja pe noi. Acum totul e ca de obicei, pentru ca în momentul următor să încetăm a mai exista. Ar putea noi structuri şi poate noi forme de viaţă să evolueze până la urmă în tărâmul acesta populat de particule cu proprietăţi necunoscute? Posibil. Dar aceste întrebări depăşesc capacitatea noastră actuală de a răspunde.

Fizicienii nu pot preciza când ar putea face un asemenea salt câmpul Higgs. Scara de timp depinde de proprietăţi ale particulelor şi forţelor care încă n- au fost determinate cu suficientă precizie. în plus, fiind un proces cuantic, poate fi prezis doar probabilistic. Conform datelor disponibile, câmpul Higgs e probabil să tuneleze către o valoare diferită cândva între IO^{102} şi IO^{359} ani de acum înainte – undeva între etajele 102 şi 359 (un interval inaccesibil chiar şi turnului Burj Khalifa).[19]

Deoarece câmpul Higgs redefineşte ceea ce înţelegem prin vid – cel mai vid dintre spaţiile vide din universul observabil conţine câmpul Higgs cu valoarea 246 –, tunelarea cuantică a valorii câmpului Higgs dezvăluie o instabilitate a vidului însuşi. Dacă aşteptăm suficient, chiar şi spaţiul vid se va dezintegra. Deşi scara de timp pentru o asemenea schimbare, o asemenea dezintegrare, nu prea oferă motive de

îngrijorare, există o probabilitate ca evenimentul de tunelare să se producă astăzi. Sau mâine. Aceasta e povara de a trăi într-un univers cuantic în care evenimentele viitoare sunt guvernate de probabilităţi. Ca şi cum ai lăsa să cadă câteva sute de monede, şi toate ar arăta aceeaşi faţă – posibil, dar improbabil –, am putea fi pe punctul de a fi izbiţi de un zid marcând tranziţia câmpului Higgs şi aducând o nouă varietate de spaţiu vid. Posibil, dar de asemenea improbabil.

Faptul că probabilitatea aceasta e minusculă pare un lucru bun. A fi spulberat de un zid apocaliptic care se deplasează cu viteza luminii, deşi rapid şi nedureros, e ceva ce majoritatea am prefera să evităm. Dacă însă ne îndreptăm atenţia către scări de timp încă şi mai lungi vom întâlni procese cuantice care sunt nu doar bizare, dar pot submina tot ce considerăm adevărat în privinţa realităţii. Ca reacţie, unii fizicieni au cultivat o predilecţie pentru teorii în care universul se va sfârşi cu mult înainte să ne confruntăm cu implozia gândirii raţionale înseşi.

Creiere Boltzmann Urcând pe firul timpului, am văzut legea a doua a termodinamicii în acţiune. De la big bang la formarea stelelor, apariţia vieţii, a proceselor mentale, şi până la dezintegrarea găurilor negre, entropia a crescut implacabil. Această creştere constantă poate ascunde faptul că decretul legii a

doua e probabilistic. Entropia *poate* să scadă. Particulele de aer care acum sunt răspândite în toată camera *se pot* agrega simultan într-o sferă care să plutească sub tavan, lăsându-ne să ne sufocăm. Doar că e atât de improbabil, iar scara de timp pentru a se întâmpla aşa ceva e atât de mare, încât admitem posibilitatea, dar ne vedem cu înţelepciune de treburile noastre. Totuşi, fiindcă acum adoptăm o perspectivă pe termen lung, trebuie să abandonăm provincialismul temporal şi să examinăm unele posibilităţi de scădere a entropiei cu adevărat şocante.

Imaginaţi-vă că citiţi cartea aceasta de o oră, stând în fotoliul preferat şi sorbind când şi când ceai din ceaşca preferată. Dacă vă întreabă cineva cum aţi ajuns la acest aranjament confortabil, veţi spune că aţi cumpărat ceaşca de la un olar din New Mexico, aţi moştenit fotoliul de la bunica din partea tatălui, şi dintotdeauna v-a interesat funcţionarea universului, drept care aţi ales cartea de faţă, îndemnaţi să oferiţi mai multe detalii, aţi putea vorbi despre educaţie, fraţi, surorile, părinţi şi aşa mai departe. Dacă se insistă să vă întoarceţi şi mai mult în trecut şi să oferiţi o descriere completă, în cele din urmă aţi putea vorbi chiar despre materia tratată în capitolele anterioare.

Toate acestea se bazează pe un fapt straniu: tot ce ştim reflectă gânduri, amintiri şi senzaţii care rezidă *în prezent* în creierul nostru. Cumpărarea ceştii s-a petrecut demult. Ceea ce rămâne e o configuraţie de particule din interiorul

capului care păstrează această amintire. Acelaşi lucru e valabil pentru amintirile privind moştenirea fotoliului bunicii, curiozitatea legată de univers şi faptul că aţi citit despre diverse noţiuni în această carte. Dintr-o perspectivă fizicalistă fermă, toate acestea se găsesc în creierul vostru în momentul acesta datorită aranjamentului specific al particulelor din creierul vostru în momentul acesta. Ceea ce înseamnă că, dacă o pulbere aleatorie de particule zburând prin vidul unui univers déstructurât, cu entropie înaltă, s-ar coagula spontan într-o configuraţie cu entropie mai scăzută care întâmplător coincide cu cea a particulelor care constituie acum creierul vostru, acel ansamblu de particule ar avea aceleaşi amintiri, gânduri şi senzaţii ca voi. în onoarea sa ori ca un reproş, nu sunt sigur, asemenea minţi ipotetice care plutesc libere prin spaţiu, formate prin reunirea spontană, rară, dar posibilă, a particulelor într-o configuraţie specială extrem de ordonată, au fost numite *creiere Boltzmann.*[20]

Singur în întunericul glacial al spaţiului, un creier Boltzmann n-ar apuca să gândească prea mult înainte de a pieri. Totuşi, o reuniune spontană de particule ar putea furniza şi accesoriile care să-i prelungească funcţionarea: adăpostul unui cap şi al unui trup, o rezervă de hrană şi apă, o stea şi o planetă adecvate, pentru a menţiona doar câteva, într-adevăr, o reuniune spontană de particule (şi

câmpuri) ar putea produce întreg universul actual sau recrea condiţiile care au declanşat big bang-ul, permiţând ca un univers foarte asemănător cu al nostru să evolueze din nou.[21] Desigur, în ce priveşte scăderea spontană a entropiei, probabilităţile favorizează copleşitor scăderile mai mici: câteva particule care se reunesc în structuri care sunt mai tolerante la aranjamentele imprecise. Iar prin favorizare copleşitoare înţeleg favorizare într-adevăr *copleşitoare.* Favorizare exponenţială. Şi fiindcă ne interesează în mod special viitorul îndepărtat al gândirii, un creier Boltzmann solitar este formaţiunea aleatorie minimală, şi deci cea mai probabilă, de particule care poate desfăşura pentru scurt timp activităţi mentale, iar în felul acesta să se întrebe cum naiba a ajuns să existe.[22]

Ceea ce face din toate acestea mai mult decât scenariul unui film SF de categoria B este că, dacă privim spre viitorul îndepărtat, condiţiile par prielnice pentru ca asemenea procese bizare să aibă loc cu adevărat. Un ingredient esenţial e expansiunea accelerată a spaţiului. Am remarcat înainte că o asemenea expansiune produce un orizont cosmologic – o sferă înconjurătoare îndepărtată marcând graniţa dincolo de care obiectele se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât cea a luminii, excluzând orice posibilitate de contact sau influenţă. Hawking a arătat că o consecinţă a

mecanicii cuantice este că orizontul unei găuri negre are o temperatură şi emite radiaţie; folosind un raţionament similar, Hawking şi colaboratorul său Gary Gibbons au arătat că un orizont cosmologic are de asemenea o temperatură şi emite radiaţie. Analiza noastră din capitolul precedent privind viitorul gândirii s-a bazat tocmai pe acest fapt, ducând la concluzia că temperatura infimă a orizontului nostru cosmologic, de aproximativ IO^{-30} grade Kelvin, va fi suficientă pentru a face ca viitori Gânditori, în încercarea lor disperată de a continua să gândească indefinit, să sfârşească incineraţi în propriile lor gânduri. Aşa cum vom vedea acum, pe durate de timp cu mult mai lungi, consideraţii similare oferă viitorului gândirii posibilitatea unei stranii renaşteri.

în viitorul îndepărtat, radiaţia emisă de orizontul cosmologic va oferi o sursă slabă, dar constantă, de particule (predominant particule fără masă, fotoni şi gravitoni) care vor rătăci prin regiunea spaţiului înconjurată de orizont. Din când în când, ansambluri de asemenea particule se vor ciocni şi, în virtutea ecuaţiei $E = mc^2$, îşi vor transmuta energia de mişcare în producerea unui mic număr de particule mai masive precum electroni, cuarci, protoni, neutroni şi antiparticulele lor. Rezultatul fiind mai puţine particule şi mai puţină mişcare, aceste procese reduc entropia, dar, dacă

aşteptăm un timp suficient, asemenea lucruri improbabile se vor întâmpla. Şi vor continua să se întâmple. încă şi mai rar, unii dintre protonii, neutronii şi electronii astfel produşi se vor mişca exact în modul adecvat pentru a se uni în cutare sau cutare specie atomică. Duratele enorme necesare pentru asemenea procese rare explică de ce ele sunt irelevante în sinteza nucleelor atomice imediat după big bang sau în interiorul stelelor. Dar acum, dispunând de un timp nelimitat, ele contează. Pe întinderi temporale încă şi mai vaste, atomii se vor uni aleatoriu într-o gamă de configuraţii din ce în ce mai complexe, făcând posibil ca, din când în când, pe drumul către eternitate, un ansamblu să se agrege într-o structură macroscopică sau alta – de la păpuşi bobblehead la automobile de lux Bentley. în absenţa fiinţelor gânditoare, toate acestea vor apărea şi vor dispărea neobservate. Dar când şi când structura macroscopică formată în mod aleatoriu va fi un creier. De mult dispărută, gândirea va cunoaşte un scurt reviriment.

Care e scara de timp a unei asemenea resurecţii? Cu un calcul sumar (pe care cei pasionaţi de matematică îl pot găsi în notele finale[23]) putem estima că există o şansă rezonabilă ca un creier Boltzmann să se formeze în răstimp de :o^ ani. Acesta e un timp lung. Dacă putem scrie durata reprezentată de ultimul etaj al Empire State Building, IO^{102} ani, ca 1 urmat de 102 zerouri, circa un rând şi

jumătate, pentru a scrie :o^ – care este 1 urmat de IO[68] zerouri –, am putea înlocui fiecare caracter de pe fiecare pagină a fiecărei cărţi care a fost tipărită vreodată şi nu am progresa deloc. Dar chiar şi aşa, nu e nimeni care să dea târcoale cu ochii pe ceas, aşteptând ca scăderea entropiei să se grăbească şi să producă un creier. Universul poate dăinui practic o eternitate într-o stare cu entropie înaltă, dezordonată şi neinteresantă, şi nimeni nu s- ar plânge.

Ceea ce conduce la o problemă interesantă, oarecum personală. De unde provine creierul nostru? întrebarea pare stupidă, dar sunt dispus să intru în joc. Pentru a răspunde, ne urmăm în mod firesc amintirile şi cunoştinţele şi explicăm că ne-am născut cu creierul şi că începutul nostru e parte a unei succesiuni pe care o putem urmări în trecut prin genealogia ancestrală, prin registrul evolutiv al vieţii, prin formarea Pământului, a Soarelui şi aşa mai departe, până la big bang. La prima vedere, pare foarte rezonabil. Cei mai multi dintre noi ar oferi o versiune a aceluiaşi răspuns. Dar, aşa cum am văzut în capitolele precedente, fereastra de timp în care creierele se pot forma în modul relatat e limitată – pentru a fi generoşi, intervalul e cuprins probabil între etajele 10 şi 40 ale Empire State Building. Fereastra de timp în care creierele se pot forma în maniera boltzmannianã e incomparabil mai lungă – posibil nelimitată.[24] Cu trecerea timpului,

creierele Boltzmann vor continua să se agrege, rar, dar sigur, aşa încât numărul total de asemenea creiere care vor apărea şi dispărea va deveni tot mai mare. Examinarea unei perioade de timp suficient de lungi arată că populaţia totală de creiere Boltzmann depăşeşte cu mult populaţia totală a celor tradiţionale. Acelaşi lucru e adevărat, chiar dacă ne concentrăm numai asupra acelor creiere Boltzmann ale căror configuraţii de particule imprimă convingerea eronată că au apărut în maniera biologică tradiţională. Repet, oricât de rar ar fi un proces, pe durate arbitrar de lungi, el va avea loc de arbitrar de multe ori.

Dacă ne întrebăm apoi care e cel mai probabil mod în care am dobândit credinţele, amintirile, cunoştinţele şi înţelegerea pe care le avem în prezent, răspunsul imparţial bazat doar pe mărimea populaţiei este evident: creierul s-a format spontan din particule în spaţiul vid, toate amintirile şi celelalte calităţi neuropsihologice fiind imprimate în configuraţia specifică a particulelor. Povestea despre originea noastră e emoţionantă, dar falsă. Amintirile şi diversele şiruri de raţionamente care au dus la cunoştinţele şi credinţele noastre sunt toate fictive. Nu avem un trecut. Tocmai am luat fiinţă ca nişte creiere dezîntrupate, cu gânduri şi amintiri ale unor lucruri care nu s-au întâmplat niciodată.[25]

Dincolo de stranietatea sa absolută,

acest scenariu vine cu o concluzie devastatoare, motivul pentru care m-am concentrat pe formarea spontană de creiere, şi nu nenumărate alte obiecte pe care agregarea întâmplătoare a particulelor le pot de asemenea realiza. Dacă un creier, al vostru, al meu sau al oricui altcuiva, nu poate avea încredere că amintirile şi credinţele sale sunt reflexia exactă a unor evenimente care s-au petrecut, atunci nici un creier nu poate avea încredere în presupusele măsurători, observaţii şi calcule care alcătuiesc baza cunoaşterii ştiinţifice.[26] îmi amintesc că am învăţat relativitatea generală şi mecanica cuantică, pot urmări şirul raţionamentelor care susţin aceste teorii, îmi aduc aminte că am examinat datele şi observaţiile pe care aceste teorii le explică într-un mod atât de impresionant etc. Dar, dacă nu pot fi sigur că aceste gânduri au fost imprimate de evenimentele reale cu care le asociez, nu pot fi sigur că teoriile acestea sunt mai mult decât plăsmuiri mentale, şi prin urmare nu pot avea încredere în nici una dintre concluziile lor. Pentru cârcotaşi, printre aceste concluzii, devenite acum nedemne de încredere, este şi probabilitatea ca eu să fiu un creier creat spontan plutind în spaţiul vid. Scepticismul profund ce rezultă din posibilitatea formării spontane a creierelor ne obligă să fim sceptici chiar în privinţa raţionamentului care ne-a condus la această posibilitate.

Pe scurt, rarele scăderi spontane ale

entropiei, care sunt permise de legile fizicii, ne pot zdruncina încrederea chiar în acele legi şi în toate presupusele lor consecinţe. Considerând legile care acţionează pe durate arbitrar de lungi, suntem aruncaţi într-un coşmar sceptic care zdruncină încrederea noastră în orice. Nu-i o situaţie plăcută. Prin urmare, cum putem redobândi încrederea în fundamentele gândirii raţionale, care au înlesnit ascensiunea noastră viguroasă pe Empire State Building şi mai departe? Fizicienii au elaborat un număr de strategii.

Unii conchid că creierele Boltzmann sunt mult zgomot pentru nimic. Desigur, această perspectivă acceptă că ele se pot forma. Dar nu vă faceţi griji. Categoric nu ne numărăm printre ele. Iată cum se poate demonstra: priviţi lumea şi reţineţi tot ce vedeţi. Dacă sunteţi creiere Boltzmann, e copleşitor de probabil ca în momentul următor să încetaţi să mai existaţi. Un creier care poate dura mai mult e parte a unui sistem mai mare şi mai ordonat, şi ca atare necesită o fluctuaţie încă şi mai rară spre o entropie şi mai scăzută, făcând ca formarea lui să fie şi mai improbabilă. Prin urmare, dacă a doua privire asupra lumii seamănă foarte mult cu prima, încrederea că nu sunteţi creiere Boltzmann va creşte, într-adevăr, potrivit acestei perspective, fiecare moment asemănător celui precedent consolidează argumentul şi sporeşte încrederea.

De remarcat totuşi că argumentul

presupune că fiecare moment dintr-o asemenea succesiune e real în sensul convenţional. Dacă în momentul acesta vă amintiţi că în ultimul minut aţi privit lumea de zece ori, asigurându-vă în mod repetat că nu sunteţi creiere Boltzmann, amintirea aceasta reflectă doar starea de moment a creierului, şi ca atare e compatibilă cu posibilitatea ca creierul să fi apărut chiar acum, imprimat chiar cu acele amintiri. Ducând scenariul până la ultimele consecinţe, vă daţi seama că observaţiile empirice pe care le-aţi folosit ca argument că nu sunteţi creiere Boltzmann pot fi ele însele parte a ficţiunii. îmi amintesc că mi- am spus „Gândesc, deci exist”, dar din perspectiva unui moment oarecare, formularea exactă mi-ar impune să spun: „Gândesc că am gândit, deci gândesc că am existat.” în realitate, amintirea unor asemenea gânduri nu garantează că ele s-au desfăşurat vreodată.

O abordare mai convingătoare e de a contesta scenariul subiacent: esenţială pentru argumentul în favoarea creierelor Boltzmann este existenta unui

*

orizont cosmologic care radiază continuu particule, materia primă pentru construirea unor structuri complexe, inclusiv minţi. Pe termen lung, dacă energia întunecată care umple spaţiul s-ar disipa, expansiunea accelerată s-ar opri, iar orizontul cosmologic ar dispărea. Fără o suprafaţă înconjurătoare îndepărtată care să radieze particule, temperatura

spaţiului s-ar apropia de zero, iar odată cu ea şi şansa formării spontane a unor structuri macroscopice complexe. Deocamdată nu există nici o dovadă pentru slăbirea (sau intensificarea) energiei întunecate, dar viitoare misiuni de observaţie vor studia această posibilitate cu mai mare precizie. O concluzie prudentă este că juriul încă mai deliberează.[27]

Încă şi mai radicale sunt abordările în care universul, sau cel puţin universul aşa cum îl cunoaştem, pur şi simplu nu va exista arbitrar de mult în viitor. în absenţa duratelor fantastic de lungi pe care le-am examinat, probabilitatea formării unor creiere Boltzmann devine atât de mică, încât putem ignora întregul proces fără nici un risc. Dacă universul s-ar sfârşi cu mult înaintea scării de timp care să facă probabilă producerea creierelor Boltzmann, am putea lăsa scepticismul deoparte şi să revenim confortabil la explicaţia anterioară a originii şi dezvoltării creierelor noastre, inclusiv amintirile, cunoştinţele şi credinţele.[28]

Cum ar putea surveni un asemenea sfârşit rapid al universului?

Sfârşitul e aproape?

Mai înainte am considerat posibilitatea unui salt cuantic al câmpului Higgs către o nouă valoare, cu rezultatul unei schimbări bruşte a proprietăţilor particulei care ar rescrie multe dintre

procesele fundamentale ale fizicii, chimiei şi biologiei. Universul ar continua să existe, dar aproape sigur fără noi. Dacă această separare s-ar petrece cu mult înaintea scării de timp necesare pentru formarea creierelor Boltzmann – după cum sugerează în prezent datele despre câmpul Higgs – creierele obişnuite vor domina populaţia, şi vom evita marasmul sceptic.[29]

O soluţie şi mai categorică ar rezulta dintr-un salt cuantic în care valoarea energiei întunecate s-ar schimba brusc. în prezent, expansiunea accelerată a cosmosului e alimentată de o energie întunecată pozitivă care inundă toate regiunile spaţiului. Dar, la fel cum energia întunecată pozitivă produce o gravitaţie repulsivă îndreptată spre exterior, energia întunecată negativă produce o gravitaţie atractivă orientată spre interior. în consecinţă, un eveniment de tunelare cuantică în care energia întunecată a sărit la o valoare negativă ar marca tranziţia de la un univers în expansiune la unul care colapsează. O asemenea schimbare radicală ar face ca totul – materie, energie, spaţiu, timp – să fie comprimat la o densitate şi temperatură extraordinare, un fel de big bang inversat pe care fizicienii îl numesc *big crunch* (marea implozie).[30] La fel cum există o incertitudine în legătură cu ce s-a întâmplat la momentul zero, declanşând big bang-ul, există o incertitudine şi în legătură cu ce se va întâmpla în momentul

final, implozia însăşi. Este însă evident că, dacă marea implozie se va produce într-un timp mult mai scurt decât $10^{10^{68}}$ ani, implicaţiile ciudate ale creierelor Boltzmann vor deveni din nou irelevante.

într-o ultimă abordare, al cărei interes depăşeşte consideraţiile asupra creierelor Boltzmann, fizicianul Paul Steinhardt şi colaboratorii săi Neil Turok şi Anna Ijjas îşi imaginează că acestei posibile implozii care pune capăt universului îi urmează un salt mai optimist care produce un nou univers.[31] Potrivit acestei teorii, regiuni ale spaţiului la fel ca a noastră traversează faze de expansiune urmate de contracţie, ciclurile repetându-se la infinit. Big bang-ul devine *big bounce* (marele ricoşeu) – un recul de la perioada precedentă de contracţie. Ideea în sine nu e complet nouă. La scurt timp după ce Einstein a elaborat teoria relativităţii generale, o versiune ciclică a cosmologiei a fost propusă de Aleksandr Friedmann şi dezvoltată mai apoi de Richard Tolman.[32] Scopul lui Tolman, în particular, a fost să evite întrebarea cum a început universul. Dacă ciclurile se extind infinit de departe în trecut, atunci problema începutului nu se pune. Universul a existat dintotdeauna. Tolman a constatat însă că legea a doua a termodinamicii zădărniceşte această perspectivă. Acumularea continuă de entropie de la un ciclu la următorul implică faptul că universul actual în care locuim poate fi precedat doar de un număr finit de cicluri, necesitând aşadar un

început. în noua lor versiune a abordării ciclice, Steinhardt şi Ijjas susţin că pot depăşi această dificultate. Ei au stabilit că în decursul fiecărui ciclu o anumită regiune a spaţiului se extinde cu mult mai mult decât se contractă, făcând ca entropia pe care o conţine să fie complet diluată. Ciclu după ciclu, entropia totală în întregul spaţiu creşte, în acord cu legea a doua a termodinamicii. Dar în orice regiune finită, precum cea care dă naştere domeniului nostru observabil, acumularea entropiei de care s-a poticnit Tolman nu mai reprezintă o problemă. Expansiunea diluează toată materia şi radiaţia, în timp ce contracţia ulterioară foloseşte puterea gravitaţiei pentru a produce doar atâta energie de calitate înaltă câtă e necesară pentru a porni un nou ciclu.

Durata fiecărui ciclu e determinată de valoarea energiei întunecate care, pe baza măsurătorilor actuale, stabileşte un timp de ordinul sutelor de miliarde de ani. întrucât acesta e mult mai scurt decât timpul necesar pentru formarea creierelor Boltzmann, cosmologia ciclică oferă o altă posibilă soluţie pentru păstrarea raţionalităţii. Deşi pe durata fiecărui ciclu va exista timp din belşug pentru a produce creiere în maniera obişnuită, el se va încheia mult înaintea timpului necesar pentru a produce creiere în maniera boltzmannianã. Am putea atunci declara cu un grad rezonabil de încredere că amintirile noastre au fost create de evenimente care s-au petrecut în realitate.

Privind spre viitor, abordarea ciclică sugerează că ascensiunea noastră pe Empire State Building va fi întreruptă, terminându-se undeva în preajma etajului 11 sau 12, când faza de contracţie a spaţiului va duce la un salt care va pune capăt ciclului actual şi-l va iniţia pe următorul. Liniaritatea metaforei zgârie-norului va trebui de asemenea actualizată la o formă spirală (îmi vine în minte o versiune avântată a Muzeului Guggenheim), fiecare spiră reprezentând un ciclu cosmologic. Mai mult, deoarece ciclurile ar putea dura indefinit atât în trecut cât şi în viitor, ar trebui să ne imaginăm structura extinzându-se infinit de departe în ambele sensuri. Realitatea aşa cum o cunoaştem ar face parte dintr-o singură spiră în jurul traiectoriei cosmologice.

în ultimii ani, cosmologia ciclică s-a remarcat ca un principal competitor al teoriei inflationäre. Deşi ambele pot explica observaţiile cosmologice, inclusiv extrem de importantele variaţii de temperatură ale radiaţiei de fond de microunde, teoria inflationară continuă să domine cercetarea cosmologică. Aceasta reflectă în parte dificultatea de a stârni interesul fizicienilor pentru o alternativă la o teorie care în ultimele patru decenii a transformat cosmologia într-o ştiinţă matură şi precisă. Dacă trăim în ceea ce se numeşte epoca de aur a cosmologiei, aceasta se datorează în mare parte teoriei inflationäre. Bineînţeles, adevărul în

ştiinţă nu e determinat de sondaje de opinie sau de popularitate. E determinat de experimente, observaţii şi dovezi. Iar teoriile inflaţionară şi ciclică fac o predicţie observaţională care diferă semnificativ, iar într-o bună zi am putea decide în favoarea uneia din ele: explozia de expansiune inflaţionară din big bang probabil că a perturbat atât de puternic ţesătura spaţiului, încât undele gravitaţionale produse ar putea fi încă detectabile. Expansiunea mai domoală din modelul ciclic produce unde gravitaţionale prea slabe pentru a fi observate. în viitorul nu prea îndepărtat, observaţiile ar putea înclina balanţa în favoarea uneia din cele două abordări cosmologice.[33]

în rândul cercetătorilor, inflaţia rămâne teoria cosmologică predilectă, de aceea ne-am concentrat asupra ei în capitole precedente. Rămâne totuşi captivant să ne imaginăm viitoare observaţii care ne adâncesc cunoaşterea cosmosului şi fac din era noastră doar una dintr-un număr mare, poate infinit, de momente de înţelegere incompletă. Deşi asta ar afecta discuţia despre primele stadii ale universului precum şi despre evoluţia lui dincolo de aproximativ etajul 12, considerentele esenţiale cu privire la entropie şi evoluţie care ne-au călăuzit pe toată durata călătoriei vor rămâne valabile. în cazul în care s-ar confirma teoria ciclică, cel mai impresionant ar fi să aflăm că tiparul omniprezent – naştere, moarte şi renaştere – e recapitulat la

scară cosmologică. E un model seducător. încă de pe vremea vechilor indieni, egipteni şi babilonieni, gânditorii şi-au imaginat că în loc să aibă un început, un mijloc şi un sfârşit, universul, la fel ca zilele şi anotimpurile, ar putea parcurge o succesiune infinită de cicluri. în viitorul nu prea îndepărtat, datele colectate de observatoarele de unde gravitaţionale ar putea dezvălui dacă şi cosmosul adoptă acest tipar.[34]

Gândirea şi multiversul

O călătorie cu o viteză arbitrară în adâncurile spaţiului ar ajunge la un capăt? Ar continua veşnic? Sau poate ar reveni în punctul de pornire într-o versiune cosmică a călătoriei lui Magellan? Nimeni nu ştie. în teoria inflaţionară, formulările matematice cele mai atent studiate implică faptul că spaţiul e infinit, explicând în parte de ce cercetătorii au acordat cea mai mare atenţie acestei posibilităţi. Pentru viitorul îndepărtat al gândirii, spaţiul infinit are o consecinţă deosebit de bizară, de aceea haideţi să urmăm perspectiva inflaţionară dominantă şi să presupunem că spaţiul e infinit.[35]

Vasta majoritate a spaţiului infinit va fi dincolo de capacitatea noastră de a vedea. Lumina emisă dintr-un loc îndepărtat e vizibilă pentru telescoapele noastre numai dacă a existat suficient timp ca ea să fi traversat spaţiul care ne desparte. Folosind durata maximă posibilă pentru

călătorie – timpul scurs de la big bang, 13,8 miliarde de ani – putem calcula că distanţa maximă la care putem vedea în orice direcţie este de circa 45 de miliarde de ani-lumină (poate aţi crezut că limita este de 13,8 de miliarde de ani-lumină, dar fiindcă spaţiul se extinde în timpul cât lumina călătoreşte, distanţa e mai mare). Dacă aţi crescut pe o planetă aflată la o distanţă mai mare de Pământ, n-ar exista nici o cale de a comunica sau a ne influenţa direct unii pe alţii. De aceea, dacă presupunem că spaţiul e infinit, ni-l putem imagina ca pe un mozaic de regiuni cu diametrul de 90 de miliarde de ani-lumină separate între ele, fiecare regiune evoluând independent de celelalte.[36] Fizicienilor le place să considere fiecare asemenea regiune ca pe un univers independent, întregul ansamblu fiind un *multivers.* în consecinţă, o întindere spaţială infinită dă naştere unui multivers care conţine un număr infinit de universuri.

Studiind aceste universuri, fizicienii Jaume Garriga şi Alex Vilenkin[37] au stabilit o caracteristică fundamentală. Dacă am urmări o serie de filme care arată evoluţia cosmologică a fiecăruia, filmele nu ar putea fi toate diferite. Deoarece fiecare regiune are o dimensiune finită şi conţine o cantitate mare, dar finită, de energie, există doar un număr finit de istorii distincte posibile. Intuitiv, am putea gândi altfel. Ne-am aştepta să existe un număr infinit de variaţii întrucât, dată fiind o

istorie oarecare, o putem întotdeauna modifica schimbând poziţia uneia sau alteia dintre particule. Dar, dacă aceste schimbări sunt prea mici, ele vor cădea sub limita de sensibilitate a incertitudinii cuantice, şi ca atare vor fi irelevante; dacă sunt prea mari, particulele nu vor rămâne în aceeaşi regiune, sau energiile lor vor depăşi valoarea maximă disponibilă. Cu constrângeri deopotrivă la scară mică şi la scară mare, există doar un număr finit de variaţii, şi prin urmare e posibil doar un număr finit de filme diferite.

Cu infinit de multe regiuni şi doar un număr finit de filme, pur şi simplu nu există suficiente filme diferite. Putem fi siguri că filmele se vor repeta; mai mult, putem fi siguri că ele se vor repeta de o infinitate de ori. E de asemenea sigur că fiecare film va fi folosit. Variaţiile cuantice care fac ca o istorie să fie diferită de alta sunt aleatorii, şi ca atare ele acoperă toate configuraţiile posibile. Nici o istorie nu e omisă. Ansamblul infinit de universuri realizează aşadar toate istoriile posibile, iar fiecare istorie e realizată de o infinitate de ori.

De aici decurge o concluzie ciudată: realitatea pe care voi, eu şi toţi ceilalţi o percepem se întâmplă în alte regiuni – în alte universuri – iar şi iar. Modificaţi acea realitate în orice mod care nu e strict interzis de legile fizicii (de exemplu, nu puteţi viola conservarea energiei sau a sarcinii electrice), şi rezultatul de asemenea există undeva, iar şi iar. Mintea

e tentată să imagineze realităţi alternative – Lee Harvey Oswald greşeşte ţinta, Claus von Stauffenberg reuşeşte, James Earl Ray ratează.— Cei pasionaţi de mecanica cuantică vor recunoaşte o similitudine cu aşa-numita interpretare a lumilor multiple a fizicii cuantice, conform căreia fiecare rezultat posibil permis de legile cuantice se înfăptuieşte în propriul său univers separat. Fizicienii au dezbătut timp de peste o jumătate de secol dacă această abordare a mecanicii cuantice e legitimă din punct de vedere matematic, iar în caz afirmativ, dacă celelalte universuri sunt reale sau doar ficţiuni matematice utile. Deosebirea esenţială este că în teoria cosmologică pe care o expunem acum celelalte lumi – celelalte regiuni – nu sunt o chestiune de interpretare. Dacă spaţiul e infinit, ele *există.*

Din tot ce am explorat în capitolul acesta şi în cele precedente, e rezonabil să conchidem că aici, în regiunea noastră, în universul nostru, zilele noastre, şi ale fiinţelor gânditoare în general, sunt numărate. Numărul poate fi mare, dar undeva în ascensiunea pe Empire State Building, sau poate dincolo, e mai mult decât probabil ca viaţa şi mintea să ia sfârşit.

Pe acest fundal, Garriga şi Vilenkin oferă o formă bizară de optimism. Ei observă că, deoarece fiecare istorie e reprezentată în ansamblul infinit de universuri, în mod necesar unele se vor bucura de scăderi rare, dar fortuite, ale entropiei care vor

păstra intacte anumite stele sau planete, sau vor crea medii noi conţinând surse de energie de înaltă calitate, sau oricare dintr-o gamă largă de evoluţii improbabile care vor permite vieţii şi gândirii să dăinuie mult mai mult timp decât ar fi altminteri de aşteptat. într-adevăr, aşa cum susţin Garriga şi Vilenkin, dacă alegeţi *orice* durată finită, oricât de lungă, vor exista universuri în mulţimea infinită în care procese improbabile se împotrivesc curentului entropie pentru a menţine viaţa cel puţin pe acea durată. Şi astfel, în infinitatea de universuri, unele vor adăposti viaţa şi mintea arbitrar de departe în viitor.

E greu de ştiut cum ar explica locuitorii unor asemenea regiuni norocul care le permite să supravieţuiască. Sau dacă măcar ar fi conştienţi de norocul lor. Poate că au ajuns la aceeaşi înţelegere a fizicii ca noi, şi-şi vor da seama că fluctuaţiile aleatorii pot duce la rezultate rare şi fortuite. Dar aceeaşi cunoaştere arată limpede că experienţa lor, deşi posibilă, e extraordinar de improbabilă, înţelegând lucrul acesta, ei ar putea merge mai departe şi conchide că e necesar să revizuiască modul cum înţeleg fizica. Gândiţi-vă. Deşi legile mecanicii cuantice admit posibilitatea ca eu să pot trece printr-un zid, dacă aş face-o, şi aş face-o în mod repetat, ar fi de dorit să ne revizuim radical înţelegerea fizicii cuantice. Nu fiindcă aş fi încălcat legile cuantice. Nu e cazul. Pur şi simplu dacă

evenimente presupuse improbabile se întâmplă, şi se întâmplă frecvent, suntem îndreptăţiţi să căutăm explicaţii mai bune, conform cărora evenimentele respective nu sunt chiar atât de improbabile. Fireşte, e de asemenea posibil ca locuitorii unor astfel de tărâmuri norocoase să nu fie deloc interesaţi de explicaţii, lăsându-se purtaţi de curent şi trăind fericiţi la nesfârşit.

întrucât şansele ca noi să locuim într-o astfel de regiune, sau să fim destul de aproape de una pentru a emigra acolo, sunt practic nule, poate că, pe măsură ce sfârşitul nostru începe să se profileze, vom aduna toate câte am învăţat, descoperit şi creat şi le vom împacheta într-o capsulă pe care o vom lansa cu speranţa că ar putea ajunge cândva pe unul dintre acele tărâmuri mai norocoase. Dacă stirpea noastră nu e dintre acelea care se extind spre eternitate, poate reuşim să transmitem esenţa realizărilor noastre unora care sunt. într-un mod oricât de indirect, am putea lăsa o urmă în eternitate. Garriga şi Vilenkin studiază o versiune a acestui scenariu, şi în acord cu reflecţiile filozofului David Deutsch, ajung la concluzia că planul nu are nici o şansă. în infinitatea de universuri şi în vastitatea scărilor de timp, fluctuaţiile cuantice aleatorii vor produce mult mai multe capsule false decât cele reale pe care le vor putea produce descendenţii noştri, făcând ca orice amprentă credibilă despre cine suntem şi ce am realizat să se piardă

în zgomotul cuantic.

Viaţa şi gândirea aici, în universul nostru, în ceea ce am considerat multă vreme a fi *Universul,* probabil că se va sfârşi. Poate că e o consolare să ştim că undeva în vastele întinderi ale spaţiului infinit, mult dincolo de hotarele lumii noastre, viaţa şi gândirea pot dăinui, eventual nedefinit. Deşi putem contempla eternitatea şi putem aspira către ea, se pare că n-o putem atinge.

39.Rasă de câini de origine tibetană, mici (în jur de
25 cm), cu păr lung, activi şi vigilenţi (n. tr.).

40.Variantă a jocului de baseball (n. tr.).

41.Harry Houdini (pe adevăratul nume Erik Weisz, 1874-1926), iluzionist american de origine maghiară. Renumit mai ales pentru abilitatea lui de a se elibera din lanţuri, cătuşe, frânghii şi diverse containere (n. tr.).

42. Lee Harvey Oswald (1939-1963), asasinul preşedintelui John F. Kennedy; Claus von Stauffenberg (1907-1944), ofiţer german, autorul unei tentative nereuşite de a-l asasina pe Adolf Hitler; James Earl Ray (1928-1998), asasinul activistului social Martin Luther King Jr. (n. tr.).

11. NOBLEŢEA FIINŢEI

Minte, materie şi semnificaţie

Ghidul de la Parcul Naţional Pilanesberg —, cu puşca în bandulieră, se asigura că cei care-l însoţeau pe jos vor reacţiona adecvat în cazul în care un elefant sau un hipopotam s-ar apropia prea mult. „Nu... faceţi... zgomot”, a spus el, accentuând fiecare cuvânt în timp ce examina încet cu privirea grupul. „Să fugi de un leu? îţi vei petrece restul vieţii încercând să câştigi cursa.” Râzând pe înfundate, am murmurat cu toţii „da”, „desigur”, „categoric”. Tocmai atunci am privit în jos la mâneca largă a cămăşii mele. Prea puţin m-a interesat să identific precis ce mi se agăţase de manşetă. Pentru mine era o tarantulă. Şi urca. Am intrat în panică. Braţul mi-a zburat înainte şi înapoi, doborând pahare de pe masa cu micul dejun. Am sărit de pe scaun, şi farfurii care supravieţuiseră primului meu asalt cădeau acum şi ele. în confuzia creată, tarantula, sau indiferent ce târâtoare va fi fost, s-a desprins. Când mi-am venit în fire, mica creatură cât o monedă era pe pământ şi se îndepărta încet. „Ah”, spuse ghidul zâmbind, după ce lucrurile s-au liniştit, „universul a vorbit pentru prietenul nostru fizician. Veţi călători în jeep”. Aşa am şi făcut.

Universul nu vorbise pentru mine. Atacul a fost aleatoriu, şi coincidenţa pură întâmplare. Dacă n-aş fi fost direct implicat, aş fi oferit riposta mea standard, consemnată anterior, că în absenţa unui asemenea eveniment, nu ar fi fost o surpriză că o asemenea coincidenţă nu s-a produs. Dar adevărul este că, preţ de o clipă, stânjenitorul episod a părut semnificativ. Deja mă neliniştea gândul unui safari pe jos şi mă gândeam dacă n-ar trebui să mă retrag, când am primit un avertisment foarte potrivit că riscul acesta nu e în interesul cuiva care, atunci când e adâncit în gânduri, poate fi speriat de moarte chiar şi de un salut neaşteptat. Raţional, ştiu că toate astea sunt prostii. Universul nu urmăreşte ce fac eu sau pericolele cu care mă confrunt. Şi totuşi, în timp ce instinctele atavice inflamate de atacul tarantulei se calmau treptat, gândirea raţională mai avea un pas sau doi până să preia din nou comanda.

Sensibilitatea la tipare explică în parte succesul nostru. Căutăm conexiuni. Observăm coincidente. Semnalăm regularităţi. Atribuim semnificaţii. Dar numai unele dintre aceste atribuiri rezultă din analize chibzuite care descriu caracteristici demonstrabile ale realităţii. Multe decurg dintr-o preferinţă emoţională pentru impunerea unei aparenţe de ordine asupra haosului experienţei.

Ordine şi semnificaţie

Vorbesc adesea ca şi cum ecuaţiile noastre matematice ar exista realmente în lume, controlând implacabil toate procesele fizice, de la cuarci la cosmos. Poate că aşa şi este. Poate că într-o bună zi vom stabili că matematica e tesută în mod fundamental în tapiseria realităţii. Când lucrezi tot timpul cu ecuaţii, cu siguranţă aşa pare. Afirm însă cu mai multă încredere că natura e guvernată de legi – că universul e alcătuit din ingrediente ale căror comportamente urmează o progresie legică – baza însăşi a călătoriei pe care am întreprins-o în această carte. Ecuaţiile din centrul fizicii moderne reprezintă modul cel mai precis în care putem enunţa aceste legi. Prin experimente şi observaţii minuţioase am stabilit că aceste ecuaţii oferă o , * descriere spectaculos de precisă a lumii. Dar nu există nici o garanţie că ele sunt exprimate în lexiconul intrinsec al lumii. Deşi consider că e improbabil, admit posibilitatea ca în viitor, când le vom arăta cu mândrie unor vizitatori extratereştri ecuaţiile noastre, aceştia să zâmbească politicos, spunându-ne că şi ei au început cu matematica, dar pe urmă au descoperit *adevăratul* limbaj al realităţii.

Din punct de vedere istoric, intuiţia fizică a strămoşilor noştri s-a bazat pe tiparele evidente în experienţe familiare, de la căderea pietrelor la trosnetul crengilor şi curgerea pâraielor; există o

vădită valoare de supravieţuire în posesia unui simţ înnăscut al mecanicii cotidiene. Cu timpul, ne-am folosit capacităţile cognitive pentru a merge dincolo de asemenea intuiţii promotoare ale supravieţuirii, iluminând şi codificând tipare în domenii care se extind de la lumea microscopică a particulelor individuale la lumea macroscopică a roiurilor de galaxii, dintre care multe nu au deloc sau au prea puţină valoare adaptivă. Modelându-ne intuiţia şi dezvoltându-ne aptitudinile cognitive, evoluţia a iniţiat educaţia noastră în fizică, dar înţelegerea mai cuprinzătoare a apărut din forţa curiozităţii umane, exprimată prin limbajul matematicii. Ecuaţiile rezultante articulate în acest limbaj sunt extrem de utile în explorarea structurii profunde a realităţii, dar cu toate acestea ele pot fi constructe ale minţii umane.

Adopt o versiune a acestei perspective atunci când ne îndreptăm atenţia asupra calităţilor care ne ghidează în evaluarea experienţei umane. Corect şi greşit, bine şi rău, destin şi scop, valoare şi semnificaţie, toate acestea sunt concepte extrem de utile, dar eu nu mă număr printre cei care cred că judecăţile morale şi atribuirile de semnificaţii transcend mintea omenească. Noi inventăm aceste calităţi. Nu pe de-a întregul. Minţile noastre produse prin selecţie darwinistă sunt predispuse să fie atrase, respinse sau speriate de diverse idei şi comportamente.

în întreaga lume, grija pentru tineri e apreciată, pe când incestul e odios. Onestitatea în relaţiile de zi cu zi se bucură de largă preţuire, la fel şi loialitatea faţă de familie şi compatrioţi. Pe măsură ce strămoşii noştri s-au adunat în grupuri, interacţiunea dintre aceste predispoziţii şi multe altele, pe de o parte, şi întâlnirile la faţa locului, pe de alta, au creat bucle de feedback: comportamentele indivizilor au influenţat eficienţa vieţii în grup, ducând la articularea treptată a unor coduri comune de conduită. în schimb, aceste coduri de conduită au contribuit în diverse grade la supravieţuirea celor care le-au urmat.[1] La fel cum selecţia naturală a modelat intuiţia noastră pentru fizica elementară, ea a contribuit şi la modelarea simţului nostru înnăscut al moralităţii şi valorii.

Chiar şi între aceia care cred că codurile morale nu sunt impuse de sus şi nici nu plutesc într-un domeniu abstract al adevărului, există o dezbatere benefică privind rolul cogniţiei umane în determinarea modului cum s-au dezvoltat aceste sensibilităţi la început. Unii au sugerat că, similar cu tiparul de dezvoltare pentru fizică, evoluţia a imprimat un simţ moral rudimentar, dar puterile noastre cognitive ne-au permis să depăşim acea bază congenitală pentru a modela atitudini şi credinţe independente.[2] Alţii sugerează că suntem pricepuţi la utilizarea dexterităţii noastre cognitive pentru a explica angajamentele

noastre morale, dar că aceste relatări sunt doar poveşti ad-hoc, raţionalizări ale unor judecăţi ancorate în trecutul nostru evolutiv.[3]

Un aspect demn de subliniat este că nici una din aceste poziţii nu se bazează pe o concepţie tradiţională a liberului-arbitru. în descrierea comportamentului uman, invocăm un amalgam de factori, de la instinct şi memorie la percepţie şi aşteptările sociale. Totuşi, aşa cum am arătat anterior, acest tip de explicaţie de nivel superior – aflat în centrul modului în care noi, oamenii, înţelegem lumea – este rezultatul unui lanţ complex de procese bazate în ultimă instanţă pe dinamica elementelor constitutive fundamentale ale naturii. Cu toţii suntem ansambluri de particule, beneficiari a nenumărate bătălii evolutive care ne-au eliberat comportamentele şi ne-au dăruit capacitatea de a întârzia degradarea entropică. Dar asemenea triumfuri nu ne garantează puteri discreţionare asupra evoluţiei fizice; desfăşurarea evenimentelor nu aşteaptă dorinţele, judecăţile şi aprecierile noastre morale. Sau, mai precis, dorinţele, judecăţile şi aprecierile noastre morale fac parte din evoluţia fizică a lumii, aşa cum este ea dictată de legile imparţiale ale naturii.

*

Descrierea noastră a acelei evoluţii invocă reguli matematice impersonale care expun în simboluri modul cum va evolua universul de la un moment la altul.

Iar pentru o mare parte a trecutului, înainte de apariţia unor ansambluri de particule capabile să reflecteze asupra realităţii, povestea aceasta era întreaga poveste. Acum, că suntem familiarizaţi cu detaliile esenţiale, putem relata versiunea noastră mai rafinată, deşi provizorie, a acelei poveşti – rapid, succint şi, pentru înlesnirea exprimării, cu o tentă antropomorfă.

în urmă cu vreo 13,8 miliarde de ani, într-un spaţiu care se dilata cu furie, energia conţinută într- un nor minuscul, dar ordonat, de câmp inflaton s-a dezintegrat, întrerupând gravitaţia repulsivă, umplând spaţiul cu o baie de particule şi iniţiind sinteza celor mai simple nuclee atomice. Acolo unde incertitudinea cuantică a făcut ca densitatea băii să fie puţin mai mare, atracţia gravitaţională a fost puţin mai puternică, determinând particulele să se asocieze în agregate tot mai mari, formând stele, planete, sateliţi şi alte corpuri cereşti. Fuziunea din interiorul stelelor, precum şi rare, dar puternice ciocniri între stele au contopit nuclee simple în specii atomice mai complexe care, căzând pe cel puţin o planetă în formare, au fost constrânse de darwinismul molecular să se asambleze în aranjamente capabile de autoreplicare. Variaţii aleatorii ale acelor aranjamente care s-a întâmplat să încurajeze fecunditatea moleculară s-au răspândit pe scară largă. Iar printre acestea s-au aflat

trasee moleculare pentru extragerea, depozitarea şi propagarea informaţiei şi energiei – procesele rudimentare ale vieţii – care, pe lungul drum al evoluţiei darwiniste, au devenit din ce în ce mai rafinate. Cu timpul, au apărut fiinţe vii complexe şi autonome.

Particule şi câmpuri. Legile fizicii şi condiţii iniţiale. Până în adâncurile realităţii pe care le-am sondat până acum, nu există nici o dovadă pentru altceva. Particulele şi câmpurile sunt ingredientele elementare. Legile fizicii stimulate de condiţiile iniţiale dictează evoluţia. Deoarece realitatea e

**

cuantică, sentinţele acestor legi sunt probabiliste, dar chiar şi aşa probabilităţile sunt strict determinate de matematică. Particulele şi câmpurile fac ceea ce fac fără să le pese de sens, valoare sau semnificaţie. Chiar şi atunci când evoluţia lor matematică indiferentă produce viaţă, legile fizicii păstrează controlul complet. Viaţa nu poate să intervină în aceste legi, să le influenţeze sau să le abroge.

Ceea ce poate face viaţa e să permită unor grupuri de particule să acţioneze concertat şi să manifeste comportamente colective care, în raport cu lumea neînsufleţită, sunt noi. Particulele care alcătuiesc gălbenelele sau bilele respectă întru totul legile naturii, dar gălbenelele cresc şi se întorc după Soare, pe când bilele nu. Prin forţa selecţiei, evoluţia contribuie la modelarea repertoriului

comportamental al vieţii, favorizând activităţile care promovează supravieţuirea şi reproducerea. Printre ele, în cele din urmă, e gândirea. Capacitatea de a forma amintiri, a analiza situaţii şi a extrapola pe baza experienţei oferă o artilerie puternică în cursa înarmărilor pentru supravieţuire. Repurtând un lung şir de victorii de-a lungul a zeci de mii de generaţii, gândirea se rafinează treptat, producând specii gânditoare care dobândesc diverse grade de conştiinţă de sine. Voinţa unor astfel de fiinţe nu e liberă în sensul tradiţional de a eluda evoluţia dictată , *
de legea fizică, dar structura lor extrem de organizată permite o multitudine de reacţii – de la emoţii lăuntrice la comportamente exterioare – care, cel puţin până acum, nu sunt disponibile unor ansambluri de particule lipsite de viaţă sau de minte.

Să adăugăm limbajul, iar o asemenea specie conştientă de sine se ridică deasupra necesităţilor momentului pentru a se vedea pe sine însăşi ca parte a unei evoluţii dinspre trecut către viitor. Cu aceasta, câştigarea bătăliei nu mai e singura preocupare. Simpla supravieţuire nu ne mai satisface. Vrem să ştim de ce supravieţuirea e semnificativă. Căutăm contextul. Căutăm relevanta. Atribuim valoare.

*

Judecăm comportamentul. Urmărim sensul.

Astfel, elaborăm explicaţii despre cum a apărut universul şi cum ar putea sfârşi.

Spunem iar şi iar poveşti despre minţi care-şi croiesc drum prin lumi reale sau fanteziste. Imaginăm tărâmuri populate de strămoşi defuncţi sau fiinţe puternice ori atotputernice pentru care moartea e doar o treaptă într-o existenţă continuă. Pictăm, sculptăm, încrustăm, cântăm şi dansăm pentru a atinge aceste tărâmuri, pentru a le omagia sau pur şi simplu pentru a amprenta viitorul cu ceva care să ateste scurtul nostru timp sub Soare. Poate că aceste pasiuni se statornicesc şi devin parte din ceea ce înseamnă a fi om, fiindcă sporesc şansele de supravieţuire. Poveştile pregătesc mintea să reacţioneze la neprevăzut; arta dezvoltă imaginaţia şi inovaţia; muzica accentuează sensibilitatea la tipare; religia îi uneşte pe aderenţi în coaliţii puternice. Sau poate că explicaţia e mai puţin elevată: o parte sau toate aceste activităţi pot să apară şi să se perpetueze fiindcă susţin sau se alătură altor comportamente şi reacţii care au jucat un rol mai direct în încurajarea supravieţuirii. Chiar dacă originea lor evolutivă încă mai e subiect de dezbatere, aceste aspecte ale comportamentului uman manifestă o necesitate generalizată de a depăşi simpla asigurare a unei supravieţuiri tranzitorii. Ele dezvăluie o aspiraţie universală de a fi parte din ceva mai vast, ceva durabil. Valoarea şi semnificaţia, categoric absente din fundamentul realităţii, devin intrinsece unui imbold neobosit care ne înalţă

deasupra naturii indiferente.

Mortalitate şi semnificaţie

Deşi Gottfried Leibniz s-a întrebat de ce există ceva mai degrabă decât nimic, dilema personală profundă este că entităţi conştiente de sine, aşa ca noi, se dizolvă până la urmă în nimic. A dobândi o perspectivă temporală înseamnă a înţelege că activitatea vibrantă care ne animă mintea într-o zi va înceta.

Pe fundalul acelei conştientizări, capitolele precedente au explorat întreaga întindere a timpului, de la cea mai bună cunoaştere a începuturilor sale de care dispunem şi până atât de aproape de sfârşitul său, pe cât ne pot duce teoriile noastre matematice. Va continua să se dezvolte cunoaşterea noastră? Bineînţeles. Detaliile, unele minore, altele semnificative, vor fi ameliorate sau înlocuite? Fără îndoială. Dar ritmul naşterii şi morţii, al apariţiei şi disoluţiei, al creaţiei şi distrugerii la care am asistat de-a lungul timpului va dăinui. Pasul în doi entropie şi forţele evolutive ale selecţiei îmbogăţesc drumul de la ordine la dezordine cu structuri prodigioase, dar, indiferent că e vorba de stele sau de găuri negre, planete sau oameni, molecule sau atomi, lucrurile sfârşesc prin a se descompune. Longevitatea lor variază enorm. Dar faptul că toţi vom muri, că specia umană va muri, că viaţa şi mintea, cel puţin în universul acesta, e practic

sigur că vor muri sunt consecinţe pe termen lung comune şi previzibile ale legii fizice. Singura noutate e că noi ne dăm seama.

O speranţă frecventă şi încărcată de tensiune, nutrită vag de mulţi şi urmărită intens de unii, este că ne-ar fi mult mai bine dacă moartea s-ar retrage cuviincios din treburile oamenilor. De la vechile mituri la ficţiunea modernă, gânditorii au reflectat asupra acestei posibilităţi. E poate revelator faptul că în aceste incursiuni lucrurile nu sfârşesc întotdeauna prea bine. Nemuritorii din ţara Luggnagg descrisă de Jonathan Swift continuă să îmbătrânească şi sunt declaraţi morţi din punct de vedere legal la optzeci de ani, când devin irelevanţi. După ce a trăit mai bine de trei sute de ani, Elina Makropulos, eroina lui Karel Capek, preferă să arunce în foc formula elixirului nemuririi decât să continue într-o stare de profundă plictiseală. Trăind într-o lume nesfârşită în care nu există moarte, scrie protagonistul povestirii lui Jorge Luis Borges *Nemuritorul,* „Nimeni nu-i cineva, un singur om nemuritor este toţi oamenii [...], sunt zeu, erou, filozof, demon şi lume, ceea ce nu-i decât un mod arbitrar de a spune că nu sunt”.[4]

Filozofii au explorat şi ei apele acestea, oferind evaluări sistematice ale vieţii într-o lume în care moartea nu există. Unii, precum Bernard Williams, care a fost inspirat de opera lui Leos Janâcek adaptată după piesa lui Capek, ajung la

concluzii sumbre similare.[5] Williams susţine că într-un timp infinit fiecare dintre noi ar fi sastisit de toate obiectivele care ne motivează, lăsându-ne apatici în faţa unei eternităţi monotone şi serbede. Alţii, precum Aaron Smuts, inspirat în parte de povestirea lui Borges, susţin că nemurirea ar lipsi deciziile care modelează o viaţă umană – cum să-ţi petreci timpul şi cu cine – de consecinţele esenţiale pentru semnificaţia lor. Ai făcut o alegere greşită? Nici o problemă. Ai la dispoziţie veşnicia ca să alegi corect. Satisfacţia realizării ar cădea şi ea victimă nemuririi. Cei cu capacităţi limitate şi-ar atinge limitele potenţialului, după care ar avea parte de frustrare eternă; cei cu capacităţi indefinit perfectibile ar avea garanţia progresului permanent, devalorizând sentimentul de împlinire care rezultă din depăşirea aşteptărilor.[6]

în pofida acestor anxietăţi, bănuiesc că suntem suficient de inventivi – şi dispunând de un timp infinit am deveni cu atât mai mult – pentru a ne adapta perfect la condiţia de nemuritori. Nevoile şi capacităţile noastre probabil că s-ar transforma şi ele, devenind de nerecunoscut şi făcând ca evaluările bazate pe ceea ce ne menţine angajaţi şi motivaţi aici şi acum să fie puţin sau deloc relevante. Dacă *joie de vivre*— eternă necesită o altă nuanţă de *joie,* am găsi-o, am inventa-o sau am dezvolta-o. Aceasta nu e, fireşte, decât o bănuială, dar a conchide că vom ajunge în mod necesar să

ne plictisim oferă o viziune exagerat de îngustă asupra mintii nemuritoare.

Deşi ştiinţa va continua să extindă durata vieţii, călătoria noastră în viitorul îndepărtat sugerează că nemurirea va rămâne veşnic inaccesibilă. Totuşi, a reflecta asupra vieţii infinite lămureşte relevanţa vieţii finite. Destinul imaginat al valorii şi semnificaţiei într-o lume nemuritoare arată limpede că într-o lume muritoare, pentru a înţelege foarte multe dintre deciziile, opţiunile, experienţele şi reacţiile noastre, e necesar să le vedem în contextul şanselor limitate şi duratelor finite. Nu înseamnă că ar trebui în fiecare dimineaţă să sărim în picioare tânguindu-ne „Cârpe diem!”, dar cunoaşterea adânc înrădăcinată că există un număr limitat de dimineţi în care ne vom trezi inspiră un calcul intuitiv al valorii, care într-o lume a şanselor nelimitate ar fi foarte diferit. Modul cum explicăm subiectele pe care le studiem, meseriile pe care le învăţăm, munca pe care o depunem, riscurile pe care ni le asumăm, partenerii cu care ne asociem, familiile pe care le întemeiem, obiectivele pe care le stabilim, grijile pe care le avem – toate reflectă recunoaşterea faptului că şansele sunt puţine, fiindcă timpul nostru e limitat.

Fiecare reacţionăm în felul nostru propriu la acea recunoaştere, dar există trăsături comune care impregnează sentimentul uman al valorii. Printre acestea se numără o nevoie surprinzător de puternică, deşi adesea nemărturisită,

de a exista un viitor populat cu descendenţi care să continue să trăiască după ce noi nu vom mai fi.

Descendenţi

Cu mulţi ani în urmă am fost rugat să particip la o discuţie cu publicul la un teatru off-Broadway[4]^ după reprezentaţia unei piese în care un grup de personaje află că Pământul va fi distrus în scurt timp de un asteroid. Alături de mine participa la discuţii fratele meu; producătorii anticipaseră că opiniile despre sfârşitul lumii exprimate de doi fraţi ale căror vieţi urmaseră căi divergente, dar relevante – unul imersat în ştiinţă, celălalt în religie – vor fi pe placul mulţimii. Ca să fiu sincer, nu m-am gândit prea mult la lucrurile astea înaintea evenimentului, iar pe vremea aceea eram mult mai susceptibil faţă de energia unui public. Cu cât fratele meu îndrepta discuţia spre tărâmuri mai eterice, cu atât deveneam eu mai lipsit de menajamente. „Pământul e o planetă oarecare rotindu-se în jurul unei stele deloc remarcabile, aflată la periferia unei galaxii obişnuite. Dacă ne-ar nimici un asteroid, universul nici n-ar clipi. în marea schemă a lucrurilor, pur şi simplu n-ar conta.” Această atitudine rigidă a fost bine primită de unii, presupun că aceia care se considerau sceptici pragmatici capabili să înfrunte curajos realităţile existenţei. Dar altora, din păcate, remarcile mele li s-au părut o dovadă de infatuare. Cel puţin o

persoană din public le-a considerat astfel: o femeie în vârstă care mi-a reproşat lipsa de respect pentru ceea ce ea numea nevoia esenţială pe care o avem cu toţii ca specia să se perpetueze. „Care veste v-ar afecta mai mult”, m-a întrebat ea, „dacă vi s-ar spune că mai aveţi un an de trăit, sau că peste un an Pământul va fi distrus?”.

La momentul acela am spus ceva superficial, cum că ar depinde dacă vreuna din posibilităţi implică durere fizică, dar mai târziu, reflectând asupra întrebării, am găsit-o neaşteptat de edificatoare. Un diagnostic terminal îi afectează pe oameni în moduri diferite – concentrează atenţia, oferă perspectivă, zgândăreşte regrete, stârneşte panica, aduce linişte interioară, inspiră revelaţii. Am anticipat că reacţia mea s-ar afla undeva între acestea. Dar perspectiva ca Pământul şi întreaga omenire să fie nimicite ar declanşa un alt tip de reacţie. Vestea aceasta ar face ca totul să pară lipsit de sens. în vreme ce sfârşitul meu iminent ar spori intensitatea, înzestrând cu semnificaţie momente care altminteri s-ar pierde în monotonia cotidiană, contemplarea sfârşitului întregii specii părea să aibă efectul contrar, generând un sentiment de zădărnicie. M-aş mai scula dimineaţa cu dorinţa de a-mi continua cercetarea în fizică? Poate pentru confortul de a face ceva familiar, dar fără nimeni care să ducă mai departe descoperirile de azi, imboldul de a contribui la progresul cunoaşterii ar slăbi.

Aş mai termina cartea pe care o scriu? Poate pentru satisfacţia de a duce lucrurile până la capăt, dar, fără nimeni care să citească lucrarea încheiată, motivaţia ar slăbi. Mi-aş mai trimite copiii la şcoală? Poate pentru calmul oferit de rutină, dar, fără nici un viitor, pentru ce s-ar mai pregăti ei?

Contrastul cu felul în care aş reacţiona dacă aş afla data propriului meu sfârşit mi s-a părut surprinzător. Pe când una din variante părea să intensifice conştientizarea valorii vieţii, cealaltă părea s-o golească de sens. în anii care au trecut de atunci, această înţelegere m-a ajutat să-mi modelez gândurile despre viitor. Avusesem de mult revelaţia mea juvenilă privind capacitatea matematicii şi a fizicii de a transcende timpul; eram deja convins de semnificaţia existenţială a viitorului. Dar imaginea mea despre acel viitor era abstractă. Era un ţinut al ecuaţiilor, teoremelor şi legilor, nu un loc populat cu pietre, copaci şi oameni. Nu sunt un platonician, dar cu toate acestea mi-am imaginat implicit că matematica şi fizica transcend nu doar timpul, ci şi zorzoanele obişnuite ale realităţii materiale. Scenariul apocaliptic mi-a rafinat gândirea, făcând cât se poate de evident că ecuaţiile, teoremele şi legile noastre, chiar dacă reflectă adevăruri fundamentale, nu au valoare intrinsecă. La urma urmei, ele sunt ansambluri de linii şi arabescuri desenate pe table şi tipărite în reviste şi manuale. Valoarea lor

derivă din cei care le înţeleg şi le apreciază. Meritul lor derivă din minţile în care sălăşluiesc.

Acest rafinament al gândirii a mers cu mult dincolo de rolul ecuaţiilor. Conducându-mă să-mi imaginez un viitor fără nimeni care să primească tot ce preţuim, fără nimeni care să adauge propria amprentă şi să transmită totul generaţiilor viitoare, scenariul apocaliptic dezvăluia cât de găunos ar fi acel viitor. în timp ce nemurirea individului subminează semnificaţia, nemurirea speciei pare necesară pentru asigurarea ei.

Nu sunt sigur cât de răspândită ar fi această reacţie la vestea unui sfârşit iminent, dar bănuiesc că ar fi comună. Filozoful Samuel Scheffler a iniţiat de curând o investigaţie ştiinţifică a subiectului, explorând o variantă a întrebării care mi-a fost pusă în urmă cu decenii. Cum aţi reacţiona, întreabă Scheffler, dacă aţi afla că la treizeci de zile după moartea voastră, toţi cei rămaşi ar fi nimiciţi? Este o versiune mai revelatoare a scenariului, întrucât separă propria noastră moarte prematură, iar astfel pune mai bine în evidenţă rolul descendenţilor în ancorarea valorii. Concluzia raţionamentului riguros al lui Scheffler se face ecoul reflecţiilor mele informale:

> Preocupările şi obligaţiile noastre, valorile şi aprecierea importanţei, percepţia noastră despre ce contează şi

> ce merită făcut – toate acestea sunt formate şi susţinute pe un fundal care consideră de la sine înţeles că viaţa umană este ea însăşi o întreprindere prosperă şi perenă. [...] Avem nevoie ca omenirea să aibă un viitor pentru ca ideea că lucrurile *contează* să-şi păstreze un loc sigur în repertoriul nostru conceptual.[7]

Şi alţi filozofi au intervenit în discuţie, oferind opinii care conturează un spectru mai larg de perspective. Susan Wolf sugerează că recunoaşterea destinului nostru comun ar putea ridica grija faţă de alţii pe noi culmi, dar, chiar şi aşa, ea admite că viziunea unui viitor populat cu fiinţe umane e esenţială pentru valoarea pe care o atribuim acţiunilor noastre.[8] Harry Frankfurt oferă un punct de vedere diferit, sugerând că multe lucruri pe care le preţuim nu ar fi afectate de scenariul apocaliptic, în primul rând preocupările artistice şi cercetarea ştiinţifică. Satisfacţia intrinsecă a acestor activităţi, crede el, ar fi suficientă pentru mulţi ca să persevereze. Eu deja mi-am exprimat părerea contrarie în privinţa cercetării ştiinţifice, ceea ce serveşte la sublinierea unui aspect înrudit, evident, dar revelator: oamenii vor reacţiona la vestea aceasta în moduri diferite.[9] Tot ce putem face e să ne imaginăm tendinţele dominante. Pentru mine, la fel ca pentru mulţi alţii, a te angaja în activităţi creatoare şi iniţiative ştiinţifice presupune să te simţi parte a

unui dialog uman lung, bogat şi peren. Chiar dacă un anumit articol de fizică pe care îl scriu nu revoluţionează lumea, el face totuşi să mă simt parte a conversaţiei. Dar dacă ştiu că eu sunt ultimul care vorbeşte şi că în viitor nu va mai fi nimeni care să reflecteze la ceea ce spun, mă întreb la ce bun să-mi bat capul.

în scenariul lui Scheffler, la fel ca în întrebarea care mi s-a pus cu ani în urmă, apocalipsele sunt ipotetice, dar scările de timp pentru distrugerea lumii sunt uşor de intuit. în cartea de faţă, apocalipsele pe care le-am explorat sunt autentice, dar scările lor de timp le fac să fie extraordinar de îndepărtate. Această schimbare de scară, o schimbare colosală, afectează concluzia? Este o chestiune pe care o examinează atât Scheffler, cât şi Wolf, încadrată de o manieră amuzantă în minunata scenă din *Annie Hali*— în care Alvy Singer, în vârstă de nouă ani, ajunge la concluzia că e inutil să-şi facă temele de vreme ce peste câteva miliarde de ani expansiunea universului va dezagrega şi va distruge totul. Psihiatrul lui Alvy, ca să nu mai vorbim de mama lui, consideră preocuparea copilului ridicolă. Publicul râde, fiindcă grija lui Alvy li se pare absurdă. Scheffler împărtăşeşte aceste intuiţii, dar observă că nici el nu are o justificare fundamentală de ce o criză existenţială ni se pare rezonabilă în faţa unei distrugeri iminente, dar absurdă, dacă distrugerea e în viitorul îndepărtat. El pune asta pe seama dificultăţii de a

percepe scări de timp care depăşesc cu mult domeniul experienţei umane. Wolf e de aceeaşi părere, observând că, dacă extincţia imediată a omenirii ar face viaţa lipsită de sens, acelaşi lucru ar trebui să fie adevărat, chiar dacă sfârşitul e foarte departe. într-adevăr, aşa cum observă ea, la scările de timp cosmice, o amânare de câteva miliarde de ani nu e deloc mult.

Sunt de acord. întru totul.

Aşa cum am văzut în repetate rânduri, ideea că o durată e lungă sau scurtă nu are o semnificaţie absolută. Lung sau scurt e o chestiune de perspectivă. Timpul reprezentat de platforma de observaţie a Empire State Building de la etajul 86 e enorm după standardele cotidiene, dar comparând acea durată cu timpul reprezentat de etajul 100 e ca şi cum am compara o clipită cu zece mii de secole. Perspectivele noastre umane familiare ne conduc la judecăţi care, deşi relevante, sunt totodată mărginite. De aceea, eu văd scenariul extincţiei iminente doar ca pe un instrument care foloseşte o urgenţă artificială pentru a cataliza o reacţie autentică. Intuiţia noastră rămâne relevantă pentru un sfârşit care-i aşteaptă pe descendenţii noştri din viitorul îndepărtat; viitorul acela, văzut într-un context mai vast, e peste o clipă.

Deşi este fără îndoială dificil să asimilezi scări de timp care depăşesc semnificativ toate experienţele noastre, călătoria pe care am întreprins-o în această carte a populat scara timpului

cosmic cu repere care servesc la concretizarea abstractului. Nu pot spune că am un simţ înnăscut al scărilor de timp marcate de-a lungul metaforei Empire State Building la fel cum am simţul scărilor de timp ale vieţii de zi cu zi, ale generaţiei mele sau chiar ale câtorva generaţii, dar succesiunea evenimentelor transformatoare pe care le-am explorat oferă puncte de sprijin pentru înţelegerea viitorului. Nu e nevoie de psalmodieri, iar postura lotusului e opţională, dar, dacă găsim un loc liniştit şi lăsăm mintea să plutească lent şi nestingherit de-a lungul timpului cosmic, străbătând epoca noastră şi mergând dincolo de ea, dincolo de era galaxiilor îndepărtate în recesiune, dincolo de era sistemelor solare majestuoase, dincolo de era graţioaselor galaxii spirale, dincolo de era stelelor stinse şi a planetelor rătăcitoare, dincolo de era găurilor negre care lucesc şi se dezintegrează, mai departe, către un spaţiu rece, întunecat şi aproape vid, dar cu o întindere posibil nelimitată – în care dovada că am existat cândva se reduce la câte o particulă izolată aflată aici, şi nu acolo, sau alta care se mişcă aşa, şi nu altminteri –, şi dacă semănaţi cât de cât cu mine şi lăsaţi ca acea realitate să vă devină familiară, faptul că am călătorit fantastic de departe în viitor nu diminuează aproape deloc sentimentul de înfiorare şi totodată de veneraţie care creşte în noi. într-adevăr, într-un mod esenţial, întinderea enormă a timpului

doar adaugă greutate aproape insuportabilei uşurătăţi a fiinţei; în comparaţie cu scara de timp la care am ajuns, epoca vieţii şi a minţii e infinitezimală. Raportată la scara uzuală, întreaga ei întindere, de la primii microbi şi până la ultimul gând, ar fi mai puţin decât timpul necesar luminii să traverseze un nucleu atomic. întreaga durată a activităţii umane – indiferent dacă ne autodistrugem în următoarele câteva secole, suntem nimiciţi de un dezastru natural în următoarele milenii sau găsim o modalitate de a dăinui până la moartea Soarelui, până la sfârşitul Căii Lactee, sau chiar până la dispariţia materiei complexe – ar fi încă şi mai efemeră.

Suntem vremelnici. Suntem evanescenţi.

Dar clipa noastră e rară şi extraordinară, o recunoaştere care ne permite să facem din nepermanenţa vieţii şi puţinătatea conştiinţei autoreflexive baza valorii şi fundamentul gratitudinii. Deşi aspirăm la o perpetuare veşnică, limpezirea dobândită din explorarea duratelor cosmice dezvăluie că aceasta e inaccesibilă. Dar aceeaşi limpezire subliniază miracolul absolut că un mic ansamblu de particule ale universului pot să se ridice, să se examineze pe ele însele şi să examineze realitatea în care trăiesc, să descopere cât de efemere sunt şi, cu o răbufnire vremelnică de activitate, să creeze frumuseţe, să stabilească legături şi să lumineze misterul.

Semnificaţie

Cei mai multi dintre noi tratăm cu discreţie nevoia de a transcende cotidianul. Cei mai multi dintre noi permitem civilizaţiei să ne protejeze de conştientizarea faptului că suntem parte a unei lumi care, atunci când nu vom mai fi, îşi va urma cursul fără să se sinchisească. Ne concentrăm energia asupra lucrurilor pe care le putem controla. Construim comunitatea. Participăm. Ne preocupăm. Râdem. Preţuim. Alinăm. Ne întristăm. Iubim. Sărbătorim. Ne dedicăm. Regretăm. Ne emoţionează succesele, uneori ale noastre, alteori ale acelora pe care îi respectăm sau îi idolatrizăm.

Prin toate acestea, ne obişnuim să privim lumea pentru a găsi ceva care să ne stimuleze sau să ne liniştească, să ne reţină atenţia sau să ne ducă repede altundeva. Dar călătoria ştiinţifică pe care am întreprins-o sugerează cu putere că universul nu există ca să asigure un mediu în care să înflorească viaţa şi mintea. Viaţa şi mintea sunt două lucruri care pur şi simplu se întâmplă să aibă loc. Până când încetează. îmi imaginam cândva că studiind universul, dezvelindu-l strat după strat, la propriu şi la figurat, vom răspunde la suficiente întrebări „cum?” pentru a întrezări răspunsurile la întrebările „de ce?”. Dar, cu cât aflăm mai mult, cu atât această atitudine pare să nu fie corectă. Speranţa ca universul să ne îmbrăţişeze pe noi, efemerii săi ocupanţi

conştienţi, este de înţeles, doar că universul nu face aşa ceva.

Chiar şi aşa, a vedea propriul nostru moment în context înseamnă să ne dăm seama că existenta noastră e uimitoare. Derulaţi din nou big bang-ul, dar schimbaţi poziţia cutărei particule sau valoarea cutărui câmp, şi pentru practic orice modificare, cât de neînsemnată, noua desfăşurare cosmică nu ne va include pe noi, specia umană, planeta Pământ sau orice alt lucru pe care punem preţ. Dacă o superinteligenţă ar privi noul univers ca un întreg, aşa cum noi privim ca un întreg aruncarea unui ansamblu de monede sau aerul pe care-l respirăm acum, ar ajunge la concluzia că noul univers seamănă foarte mult cu cel iniţial. Pentru noi, el ar fi extrem de diferit. Nu ar exista un „noi” care să observe. îndepărtându-ne atenţia de la detalii, entropia a oferit un principiu organizator esenţial pentru a înţelege tendinţele la scară mare de transformare a lucrurilor. De regulă nu ne pasă dacă o anumită monedă e avers sau revers, sau dacă o anumită moleculă de aer se întâmplă să fie aici sau acolo, dar există anumite detalii fine de care ne pasă. Chiar foarte mult. Existăm fiindcă aranjamentele noastre specifice de particule au câştigat bătălia împotriva unui număr uimitor de alte aranjamente care toate concurează pentru realizare. Graţie hazardului, canalizat prin mijlocirea legilor naturii, noi suntem aici.

Este o înţelegere ce reverberează în fiecare stadiu al dezvoltării umane şi cosmice. Să ne gândim la ceea ce Richard Dawkins numea ansamblul aproape infinit de oameni potenţiali, posibili purtători ai ansamblului aproape infinit de secvenţe de perechi de baze din ADN, dintre care nici unul nu se va naşte vreodată. Sau să ne gândim la momentele care alcătuiesc istoria cosmică, de la big bang la naşterea noastră şi la ziua de azi, pline cu procese cuantice a căror evoluţie probabilistică implacabilă în fiecare din numărul aproape nelimitat de puncte de legătură ar fi putut produce un alt rezultat în locul acestuia, un univers la fel de rezonabil, dar care nu ne-ar include pe noi.[10] Şi totuşi, în pofida acestui număr astronomic de posibilităţi şi a şanselor infime, secvenţele noastre de perechi de baze, combinaţiile noastre moleculare există. Spectaculos de improbabil. Emoţionant de magnific.

Iar darul e şi mai mare: combinaţiile noastre moleculare specifice, aranjamentele noastre chimice, biologice şi neurologice specifice ne conferă puterile de invidiat care ne-au reţinut în mare măsură atenţia în capitole anterioare. În vreme ce majoritatea formelor de viaţă, un miracol în ele însele, sunt ancorate în imediat, noi putem păşi în afara timpului. Ne putem gândi la trecut, putem imagina viitorul. Putem asimila universul, îl putem procesa, îl putem explora cu mintea şi cu trupul, cu

raţiunea şi cu emoţia. Din colţul nostru singuratic al cosmosului am folosit creativitatea şi imaginaţia pentru a modela cuvinte, imagini, structuri şi sunete care să ne exprime aspiraţiile şi frustrările, confuziile şi revelaţiile, eşecurile şi triumfurile. Am folosit ingeniozitatea şi perseverenţa pentru a atinge limitele spaţiului exterior şi interior, determinând legile fundamentale care guvernează felul cum strălucesc stelele şi se deplasează lumina, cum se scurge timpul şi se extinde spaţiul – legi care ne permit să privim în urmă la primul moment de după începutul universului, iar apoi să ne mutăm privirea spre viitor şi să-i contemplăm sfârşitul.

Aceste cunoştinţe impresionante sunt însoţite de întrebări profunde şi persistente. De ce există ceva mai degrabă decât nimic? Ce a declanşat apariţia vieţii? Cum a apărut conştiinţa? Am explorat o gamă largă de speculaţii, dar răspunsurile definitive rămân evazive. Creierul nostru, bine adaptat pentru supravieţuirea pe planeta Pământ, pur şi poate că simplu nu e structurat pentru a rezolva aceste mistere. Sau poate, pe măsură ce inteligenţa noastră continuă să evolueze, relaţia noastră cu realitatea va dobândi un caracter complet diferit, cu rezultatul că întrebările majore de azi vor deveni irelevante. Deşi ambele variante sunt posibile, faptul că lumea aşa cum o înţelegem acum, cu tot cu misterele rămase, persistă cu o coerenţă

matematică şi logică atât de riguroasă, şi faptul că am fost în stare să descifrăm atât de mult din acea coerenţă îmi sugerează că nici una din ele nu e corectă. Nu ne lipseşte capacitatea mentală. Nu privim ţintă peretele lui Platon, fără să fim conştienţi de un tip radical diferit de adevăr, inaccesibil nouă, având puterea de a oferi subit o nouă şi uimitoare claritate.

în timp ce ne precipităm spre un cosmos rece şi steril, trebuie să acceptăm că nu există vreun mare proiect. Particulele nu sunt înzestrate cu scop. Nu există un răspuns final care să plutească în adâncurile spaţiului aşteptând să fie descoperit. în schimb, anumite ansambluri speciale de particule pot să gândească, să simtă şi să reflecteze, iar în interiorul acestor lumi subiective ele pot crea un scop. Iar astfel, în încercarea noastră de a înţelege condiţia umană, singura direcţie în care trebuie să privim e spre interior. Aceasta e direcţia nobilă în care să privim. O direcţie care renunţă la răspunsurile de-a gata şi ne îmbarcă în călătoria foarte personală de a construi propria noastră semnificaţie. Este o direcţie care duce în inima expresiei creative şi la sursa celor mai răsunătoare naraţiuni. Ştiinţa e un instrument splendid şi puternic pentru a înţelege realitatea exterioară. Dar în cunoaştere, tot restul e specia umană care se contemplă pe sine, învăţând ce are nevoie pentru a se perpetua şi spunând o poveste care reverberează în întuneric, o poveste sculptată din sunet şi gravată în

tăcere, o poveste care, în ce are ea mai bun, emoţionează sufletul.

---

43. Rezervaţie naturală în Africa de Sud (n. tr.).

44. Bucuria de a trăi, în limba franceză în original (n. tr.).

45. Orice teatru profesionist din Manhattan, New York, cu o capacitate între 100 şi 499 de locuri, mai mică decât a teatrelor de pe Broadway (n. tr.).

46. Film din 1977, regizat de Woody Allen (n. tr.).

Mulţumiri

Le sunt recunoscător multor oameni care mi-au oferit un feedback nepreţuit în timp ce scriam *Până la sfârşitul timpului.* Pentru a fi citit cu atenţie manuscrisul, uneori nu doar o dată, şi a-mi fi oferit opinii, critici şi sugestii care au îmbogăţit substanţial prezentarea, sunt profund îndatorat lui Raphael Gunner, Ken Vineberg, Tracy Day, Michael Douglas, Saakshi Dulani, Richard Easther, Joshua Greene, Wendy Greene, Raphael Kasper, Eric Lupfer, Markus Pössel, Bob Shaye şi Doron Weber. Pentru lectura atentă şi comentariile asupra anumitor secţiuni sau capitole, şi/sau răspunsuri la întrebări, le mulţumesc lui David Albert, Andreas Albrecht, Barry Barish, Michael Bassett, Jesse Bering, Brian Boyd, Pascal Boyer, Vicki Carstens, David Chalmers, Judith Cox, Dean Eliott, Jeremy England, Stuart Firestein, Michael Graziano, Sandra Kaufmann, Will Kinney, Andrei Linde, Avi Loeb, Samir Mathur, Peter de Menocal, Brian Metzger, Ali Mousami, Phil Nelson, Maulik Parikh, Steven Pinker, Adam Riess, Benjamin Smith, Sheldon Solomon, Paul Steinhardt, Giulio Tononi, John Valley şi Alex Vilenkin. Mulţumesc întregii echipe de la Knopf, între care redactorul Amy Ryan, editorul-adjunct Chip Kidd, editorul de producţie Rita Madrigal şi

editorului meu, Edward Kastenmeier, care a oferit multe sugestii perspicace şi, împreună cu agentul meu Eric Simonoff au susţinut întru totul proiectul în fiecare stadiu de dezvoltare. în fine, profunda mea recunoştinţă pentru dragostea şi sprijinul statornic se îndreaptă către familia mea: mama mea, Rita Greene; surorile mele, Wendy Greene şi Susan Greene, şi fratelui meu, Joshua Greene; copiilor mei, Alec Day Greene şi Sophia Day Greene; şi minunatei mele soţii şi cel mai drag prieten, Tracy Day.

Note

Prefaţă

1. Citatul aparţine unuia dintre primii mei mentori, un doctorand în matematică la Universitatea Columbia în anii 1970, Neil Beilinson, care şi-a dăruit cu generozitate timpul şi talentul unic pentru a învăţa matematică un tânăr student – eu – care nu avea nimic de oferit în afara pasiunii pentru a învăţa. Discutam la acea vreme un eseu pe care-l scriam pentru un curs de psihologie la Harvard predat de David Buss, în prezent la Universitatea din Texas, la Austin.
2. Oswald Spengler, *Decline of the West* (New York: Alfred A. Knopf, 1986), 7.
3. Ibid., 166.
4. Otto Rank, *Art and Artist: Creative Urge and Personality Development,* trad. Charles Francis Atkinson (New York: Alfred A. Knopf, 1932), 39.
5. Sartre articulează perspectiva aceasta prin intermediul reflecţiilor personajului condamnat Pablo Ibbieta din minunata povestire „Zidul”. Jean-Paul Sartre, *The Wall and Other Stories,* trad. Lloyd Alexander (New York: New Directions Publishing, 1975), 12.

1. Seducţia eternităţii

1. William James, *The Varieties of*

Religious Experience: A Study in Human Nature (New York: Longmans, Green, and Co., 1905), 140.

2. Ernest Becker, *The Denial of Death* (New York: Free Press, 1973), 31. Becker considera că Otto Rank a avut o influenţă dominantă asupra lui.

3. Ralph Waldo Emerson, *The Conduct of Life* (Boston and New York: Houghton Mifflin Company, 1922), note 38, 424.
4. E.O. Wilson invocă cuvântul *consilience* [coincidenţă, convergenţă, suprapunere] pentru a descrie perspectiva sa privind reunirea unor cunoştinţe disparate în vederea unei înţelegeri mai profunde. E.O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* (New York: Vintage Books, 1999).
5. în capitole ulterioare voi discuta dovezile care sugerează că conştiinţa emergentă a propriei mortalităţi a avut o influenţă universală asupra omenirii; dar, întrucât datele ferme care să ateste vechiul cadru mental uman sunt puţine sau inexistente, concluzia nu e unanim acceptată. Pentru o altă perspectivă, care susţine că frica de moarte este o afecţiune modernă, vezi de exemplu Philippe Aries, *The Hour of Our Death,* trad. Helen Weaver (New York: Alfred A. Knopf, 1981). Conform perspectivei lui Becker, bazată pe ideile lui Otto Rank, frica de moarte e adânc înrădăcinată în specia noastră.
6. Vladimir Nabokov, *Speak, Memory: An Autobiography Revisited* (New York:

Alfred A. Knopf, 1999), 9.

7. Robert Nozick, „Philosophy and the Meaning of Life”, în *Life, Death, and Meaning: Key Philosophical Readings on the Big Questions,* ed. David Benatar (Lanham, MD: The Rowman & Littlefield Publishing Group, 2010), 73-74.
8. Emily Dickinson, *The Poems of Emily Dickinson,* ed. R.W. Franklin (Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1999), 307.
9. Henry David Thoreau, *The Journal, 1837-1861* (New York: New York Review Books Classics, 2009), 563.
10. Franz Kafka, *The Blue Octavo Notebooks,* trad. Ernst Kaiser şi Eithne Wilkens, ed. Max Brod (Cambridge, MA: Exact Change, 1991), 91.

2. Limbajul timpului

1. Emisiunea, transmisă pe Programul al Treilea al BBC, pe data de 28 ianuarie 1948, ora 9:45 p.m., a fost o dezbatere care a avut loc anul precedent, https://genome .ch .bbc .co .uk/35b8e9bdcf60458c976b882d80d9937f.
2. Bertrand Russell, *Why I Am Not a Christian* (New York: Simon & Schuster, 1957), 32-33 *[De ce nu sunt creştin,* trad. în limba română de Mihaela lacob, Minerva, Bucureşti, 1980].
3. Aceasta e, desigur, o descriere extrem de simplificată a unui motor cu aburi, modelată pe aşa-numitul *ciclu Carnot,* care implică patru paşi: (1) Aburul dintr-

un cilindru absoarbe căldură de la o sursă (numită în general rezervor de căldură) şi împinge un piston, efectuând lucru mecanic la temperatură constantă. (2) Cilindrul e deconectat de la sursa de căldură şi lăsat să împingă în continuare pistonul, efectuând acum lucru mecanic în timp ce temperatura aburului scade (dar entropia lui rămâne constantă, deoarece nu există flux de căldură). (3) Cilindrul este apoi conectat la un al doilea rezervor de căldură, cu o temperatură mai joasă decât a primului, şi se efectuează lucru mecanic la această temperatură mai joasă constantă pentru a readuce pistonul în poziţia iniţială, expulzând căldură reziduală în proces. (4) în sfârşit, cilindrul e deconectat de la rezervorul mai rece în timp ce asupra pistonului se exercită în continuare lucru mecanic, readucându-l înapoi în poziţia iniţială, iar temperatura aburului este mărită pentru a reveni şi ea la valoarea iniţială. După care ciclul începe din nou. într-un motor cu aburi real – spre deosebire de unul teoretic pe care îl analizăm matematic – paşii aceştia, sau unii comparabili, sunt realizaţi într-o diversitate de moduri dictate de considerente inginereşti sau practice.

4. Sădi Carnot, *Reflections on the Motive Power of Fire* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1960).
5. Modelul unei mingi de baseball ca o singură particulă masivă fără structură

internă este o aproximare grosieră a mingii reale. Cu toate acestea, aplicarea legilor lui Newton acestui model aproximativ furnizează mişcarea clasică *exactă* a centrului de masă al mingii. Pentru mişcarea centrului de masă, legea a treia a lui Newton asigură că toate forţele interne se anulează reciproc, astfel încât mişcarea sa depinde exclusiv de forţele externe aplicate.

6. Un studiu (B. Hansen, N. Mygind, „How often do normal persons sneeze and blow the nose?” *Rhinology* 40, nr. 1 [martie 2002]: 10-12) a ajuns la concluzia că, în medie, oamenii strănută aproximativ o dată pe zi. Deoarece sunt în jur de 7 miliarde de oameni pe Pământ, aceasta înseamnă în medie 7 miliarde de strănuturi pe zi în întreaga lume. Şi cum într-o zi sunt aproximativ 86.000 de secunde, rezultă că în fiecare secundă în lume sunt aproximativ 80.000 de strănuturi.
7. Descrierea prezentată e utilă ca rezumat simplificat, dar există sisteme fizice mai exotice, în care, pentru a asigura că succesiunile inverse sunt permise de legile fizicii, sistemul trebuie supus la două alte manipulări dincolo de inversia temporală: trebuie de asemenea inversate sarcinile tuturor particulelor (aşa-numita *conjugare de sarcină),* precum şi caracterele levogir şi dextrogir (aşa-numita *imersie a parităţii).* Legile fizicii aşa cum le

cunoaştem în prezent, respectă în mod necesar combinaţia tuturor celor trei inversiuni, ceea ce se numeşte *teorema CPT* (C reprezintă conjugarea de sarcină, P inversia parităţii, iar T inversia temporală).

8. Pentru două reversuri, calculul este (100 x 99)/2 = 4.950; pentru trei reversuri, (100 x 99 x 98)/3! = 161.700; pentru patru reversuri, (100 x 99 x 98 x 97)/4! = 3.921.225; pentru cinci reversuri (100 x 99 x 98 x 97 x 96)/5! = 75.287.520; pentru 50 de reversuri $(100!/(50!)^2)$ = 100.891.344.545.564.193.334.812.497.256.
9. Mai precis, entropia este *logaritmul* numărului de membri ai unui grup dat, o distincţie matematică esenţială care asigură că entropia are proprietăţi fizice rezonabile (de exemplu, când două sisteme sunt reunite, entropiile lor se adună), dar pe care o putem ignora fără nici un risc în discuţia noastră calitativă. în unele părţi din capitolul 10 vom folosi în mod implicit definiţia mai precisă, dar deocamdată nu e necesar.
10. în exemplul acesta, din raţiuni didactice, vom considera doar aburul – moleculele de H_2O – care pluteşte în baie. Ignorăm rolul aerului şi al oricăror alte substanţe prezente. Pentru simplitate, ignorăm de asemenea structura internă a moleculelor de apă şi le tratăm ca particule punctiforme. Când ne referim la temperatura aburului,

reţineţi că apa lichidă se transformă în aburi la 100° C, dar că, odată format aburul, temperatura lui poate fi mărită şi mai mult.

11. Din punct de vedere fizic, temperatura e direct proporţională cu energia cinetică medie a particulelor, şi ca atare se calculează matematic mediind pătratele vitezelor particulelor. Pentru scopurile noastre, e suficient să ne gândim la temperatură în termenii vitezei medii – modulul vitezei.
12. Mai precis, prima lege a termodinamicii este o versiune a legii de conservare a energiei care (i) recunoaşte căldura ca o formă de energie şi (ii) tine seama de lucrul mecanic efectuat de către
    *
    sau asupra unui sistem dat. Conservarea energiei afirmă aşadar că modificarea energiei interne a unui sistem rezultă din diferenţa între căldura totală absorbită şi lucrul mecanic total pe care-l efectuează. Cititorul foarte bine informat poate obiecta că atunci când considerăm energia şi conservarea ei într-un cadru global – în întregul univers – apar subtilităţi. Pe acestea nu va fi necesar să le explorăm, de aceea putem asuma fără nici un risc enunţul simplu că energia se conservă.
13. La fel ca în exemplul cu aburul din baie, în care am ignorat moleculele de aer, pentru simplitate nu voi lua în considerare explicit ciocnirile dintre

moleculele fierbinţi eliberate de pâinea care se coace şi moleculele mai reci de aer care plutesc prin bucătărie şi prin restul casei. în medie, aceste ciocniri vor mări viteza moleculelor de aer şi vor micşora viteza acelora provenite din pâine, aducând în final ambele tipuri de molecule la aceeaşi temperatură. Scăderea temperaturii moleculelor din pâine le va reduce entropia, dar temperatura mai mare a moleculelor de aer va avea ca rezultat o creştere a entropiei mai mult decât compensatoare, astfel încât entropia combinată a ambelor grupuri va creşte. În versiunea simplificată pe care am descris-o, ne putem imagina că viteza medie a moleculelor eliberate prin coacerea pâinii rămâne constantă în timp ce ele se împrăştie; temperatura lor va rămâne fixă, astfel încât creşterea entropiei lor se va datora doar faptului că umplu un volum mai mare.

14. Pentru cititorul cunoscător într-ale matematicii, la baza acestei discuţii – la fel ca în majoritatea abordărilor mecanicii statistice din manuale şi din literatura de specialitate – se află o presupunere tehnică esenţială. Pentru orice macrostare, *există* microstări compatibile care vor evolua în direcţia unor configuraţii cu entropie mai joasă. De exemplu, să considerăm versiunea inversată temporal a oricărui proces care a produs o anumită microstare pornind de la o configuraţie anterioară

cu entropie mai joasă. O asemenea microstare „inversată temporal” ar evolua spre o entropie mai joasă. În general, categorisim astfel de microstări drept „rare” sau „foarte acordate”. Din punct de vedere matematic, această categorisire necesită specificarea unei *măsuri* pe spaţiul configuraţiilor. În situaţii obişnuite, folosirea măsurii uniforme într-un asemenea spaţiu face ca acele condiţii iniţiale care duc la scăderea entropiei să fie într-adevăr „rare” – altfel spus, cu măsură mică. Totuşi, dacă măsura a fost aleasă astfel încât să aibă un maximum în jurul configuraţiilor iniţiale care duc la scăderea entropiei, atunci acestea, în mod deliberat, nu vor fi rare. Din câte ştim, alegerea măsurii este empirică; pentru tipurile de sisteme întâlnite în viaţa de zi cu zi, măsura uniformă duce la predicţii în acord cu observaţiile, de aceea adoptăm această măsură. Dar este important de reţinut că alegerea măsurii se justifică prin experiment şi observaţie. Atunci când examinăm situaţii exotice (precum universul timpuriu) pentru care nu dispunem de date analoage care să ne conducă la o anumită alegere a măsurii, trebuie să admitem că intuiţiile noastre despre „rar” sau „generic” nu mai au aceeaşi bază empirică.

15. Există câteva aspecte relevante pe care le-am ignorat în acest paragraf şi care afectează semnificaţia unei stări cu

„entropie maximă” atunci când sunt aplicate universului. în primul rând, în capitolul acesta nu luăm în considerare rolul gravitaţiei. în capitolul 3 o vom face. Şi, aşa cum vom vedea, gravitaţia are un impact profund asupra configuraţiilor de particule cu entropie înaltă. în fapt, deşi nu va fi subiectul nostru, într- un volum finit de spaţiu, configuraţia cu entropie maximă este o gaură neagră – un obiect profund dependent de gravitaţie – care umple complet volumul spaţial (pentru detalii vezi, de exemplu, cartea mea *The Fabric of the Cosmos,* capitolele 6 şi 16). în al doilea rând, dacă considerăm regiuni spaţiale arbitrar de mari – chiar infinite – configuraţiile cu cea mai mare entropie ale unei anumite cantităţi de materie şi energie sunt acelea în care particulele constituente (materie şi/sau radiaţie) sunt distribuite uniform într-un volum din ce în ce mai mare. într-adevăr, găurile negre, aşa cum vom vedea în capitolul 10, în cele din urmă se evaporă (printr-un proces descoperit de Stephen Hawking), producând configuraţii cu entropie înaltă, în care particulele sunt tot mai risipite. în al treilea rând, pentru scopul acestei secţiuni, singurul fapt de care avem nevoie este că entropia actualmente prezentă în orice volum dat al spaţiului nu are valoarea maximă. Dacă acel volum ar conţine, să zicem, camera în care ne găsim, entropia ar creşte, dacă

toate particulele care ne alcătuiesc pe noi, mobila şi orice alte structuri materiale din cameră ar colapsa într-o mică gaură neagră, care ulterior s-ar evapora producând particule care s-ar împrăştia într-un volum şi mai mare de spaţiu. însăşi existenţa unor structuri materiale interesante – stele, planete, viaţă etc. – implică aşadar că entropia e mai scăzută decât valoarea maximă posibilă. Apariţia unor asemenea configuraţii speciale, cu entropie relativ scăzută, necesită o explicaţie. în capitolul următor vom aborda această problemă.

16. Pentru cititorul interesat, mai există un amănunt care merită clarificat. Atunci când aburul împinge pistonul, el consumă o parte din energia absorbită din combustibil, dar în acest proces aburul nu transferă deloc entropie pistonului (presupunând că pistonul are aceeaşi temperatură ca aburul). La urma urmei, faptul că pistonul este *aici* sau, fiind împins, s-a deplasat puţin mai departe de *aici,* nu are nici un impact asupra ordinii sau dezordinii sale interne, entropia lui nu se modifică. Iar dacă pistonului nu i se transferă deloc entropie, aceasta rămâne în întregime în abur. Ceea ce înseamnă că atunci când pistonul e readus în poziţia iniţială, pregătit pentru următoarea cursă, aburul trebuie cumva să elimine excesul de entropie pe care-l conţine. Pentru asta, aşa cum am subliniat în capitol,

motorul cu aburi elimină căldură în mediul înconjurător.

17. Bertrand Russell, *Why I Am Not a Christian* (New York: Simon & Schuster, 1957), 107.

3. Originile şi entropia

1. Georges Lemaître, *„Recontres avec Einstein”, Revue des questions scientifiques* 129 (1958): 129-132.
2. Istoria completă a convertirii lui Einstein la un univers în expansiune a implicat doi factori. în primul rând, Arthur Eddington a demonstrat matematic că propunerea anterioară a lui Einstein a unui univers static suferea de o deficientă

*

tehnică: soluţia era instabilă, în sensul că, dacă întinderea spaţiului primeşte un uşor impuls să se extindă, ea va continua să se extindă, iar dacă primeşte un uşor impuls să se contracte, ea va continua să se contracte. în al doilea rând, aşa cum am văzut în capitolul anterior, observaţiile au arătat tot mai limpede că spaţiul nu e static. Combinarea acestor elemente l-a convins pe Einstein să renunţe la ideea unui univers static

*

(deşi unii au susţinut că ponderea cea mai mare au avut-o considerentele teoretice). Pentru detaliile istoriei, vezi Harry Nussbaumer, „Einstein’s conversion from his static to an expanding universe”, *European Physics Journal- History* 39 (2014): 37-62.

3. Alan H. Guth, „Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems”, *Physical Review D* 23 (1981): 347. Termenul tehnic pentru „combustibil cosmic” este câmp scalar. Spre deosebire de mai familiarele câmpuri electric şi magnetic, care asociază fiecărui punct din spaţiu un vector (mărimea şi direcţia câmpului electric sau magnetic în acel punct), un câmp scalar asociază fiecărui punct din spaţiu câte un singur număr (din aceste numere se pot determina energia şi presiunea câmpului). De reţinut că articolul lui Guth şi multe tratări ulterioare au pus accent pe rolul inflaţiei în abordarea unui număr de probleme cosmologice care până atunci îi obstrucţionaseră pe cercetători – problema monopolului, problema orizontului şi problema caracterului plat fiind cele mai proeminente. Pentru o discuţie accesibilă şi edificatoare a acestor chestiuni, vezi Alan Guth, *The Inflationary Universe* (New York: Basic Books, 1998). Urmându-l pe Guth, îmi place să motivez inflaţia punând problema mai intuitivă de a identifica împingerea spre exterior care a determinat expansiunea spaţială a big bang-ului.
4. Răcirea la care mă refer are loc imediat după ce explozia inflationară s-a încheiat, şi universul a intrat într-o fază de expansiune spaţială mai puţin rapidă, dar încă semnificativă. Pentru

simplitate, am omis o serie de paşi intermediari în evoluţia cosmologică. Universul timpuriu s-a răcit fiindcă o mare parte a energiei sale era purtată de unde electromagnetice, iar acestea se alungesc odată cu expansiunea spaţiului. Creşterea lungimii de undă a undelor electromagnetice – aşa-numita deplasare spre roşu a radiaţiei – le micşorează energia şi le reduce temperatura globală. De remarcat totuşi că, deşi temperatura scade, entropia globală creşte datorită extinderii volumului spaţial.

5. Există o perspectivă minoritară care atribuie ceaţa unei limitări cuantice inerente a preciziei măsurătorilor, iar nu unei realităţi fundamental difuze. în această abordare – numită de obicei „mecanică bohmiană”, după fizicianul David Bohm, dar desemnată uneori ca „teoria de Broglie-Bohm”, pentru a-l include şi pe laureatul Nobel Louis de Broglie – particulele au traiectorii precise şi bine definite. Aceste traiectorii diferă de cele prezise de mecanica clasică (asupra particulelor în mişcare acţionează o forţă cuantică suplimentară), dar pentru a folosi limbajul din acest capitol, asemenea traiectorii pot fi desenate cu un condei ascuţit. Incertitudinea şi neclaritatea din formularea mai tradiţională a mecanicii

*

cuantice se manifestă ca o incertitudine statistică privind condiţiile iniţiale ale

oricărei particule. Deosebirea dintre cele două perspective, deşi esenţială pentru imaginea realităţii descrise de fiecare teorie, nu are practic nici un impact asupra predicţiilor cantitative.

6. Cosmologia inflaţionară e un cadru teoretic – spre deosebire de o teorie anume – bazat pe premisa că, în timpul unei faze timpurii a evoluţiei sale, universul a trecut printr-o scurtă perioadă de expansiune rapid accelerată. Modul exact în care a apărut această fază şi detaliile desfăşurării ei diferă de la o formulare matematică la alta. Versiunile cele mai simple sunt contrazise de datele observaţionale tot mai precise, ceea ce a îndreptat atenţia asupra unor versiuni mai complexe ale teoriei inflaţionare. Criticii susţin că versiunile mai complexe sunt mai puţin convingătoare şi, în plus, demonstrează că paradigma inflaţionară e prea flexibilă pentru ca datele s-o poată vreodată elimina. Adepţii susţin că asistăm doar la progresul natural al ştiinţei: Ne ajustăm în permanenţă teoriile pentru a le pune de acord cu informaţiile cele mai precise furnizate de măsurătorile observaţionale şi calculele matematice. Mai general şi în termeni mai tehnici, o afirmaţie acceptată de majoritatea cosmologilor e că universul a trecut printr-o fază pe durata căreia dimensiunea orizontului care se mişca odată cu el s-a redus. Mai puţin clar e dacă acea fază e descrisă

corect de cosmologia inflaţionară, în care dinamica e asigurată de energia uniformă care umple spaţiul şi e furnizată de un câmp scalar (vezi nota 3 din acest capitol), aşa cum am văzut, sau dacă o asemenea fază a putut să apară printr-un mecanism diferit (de pildă, cosmologii ciclice, inflaţia branei, lumi de brane în coliziune, teorii în care viteza luminii e variabilă, printre altele care au fost propuse de fizicieni). în capitolul 10, vom discuta pe scurt posibilitatea unei cosmologii ciclice, aşa cum a fost elaborată de Paul Steinhardt, Neil Turok, în care universul traversează numeroase cicluri de evoluţie cosmologică.

7. Pentru cititorul interesat, se cuvine să abordez un aspect important care umbreşte discuţia. Dacă tot ce ştim despre un anumit sistem fizic este că are o entropie mai mică decât valoarea maximă posibilă, atunci legea a doua a termodinamicii ne permite să tragem nu una, ci două concluzii: Cea mai probabilă evoluţie spre viitor a sistemului îi va creşte entropia, şi cea mai probabilă evoluţie spre trecut a sistemului de asemenea îi va creşte entropia. Aceasta e povara legilor cu simetrie temporală – ecuaţii care operează exact la fel, indiferent dacă sistemul actual evoluează spre viitor sau spre trecut. Problema este că trecutul cu entropie mai înaltă la care conduc aceste consideraţii e incompatibil cu

trecutul cu entropie mai scăzută atestat de memorie şi înregistrări. (Ne amintim că nişte cuburi de gheaţă care acum sunt parţial topite mai înainte au fost mai puţin topite, având aşadar o entropie mai scăzută, iar nu şi mai topite, ceea ce ar însemna o entropie mai înaltă.) Mai explicit, un trecut cu entropie înaltă ar submina încrederea în înseşi legile fizicii, fiindcă un asemenea trecut nu ar include experimentele şi observaţiile care susţin aceste legi. Pentru a evita o asemenea pierdere a încrederii trebuie să *impunem* un trecut cu entropie scăzută. în general, facem asta introducând o nouă supoziţie, pe care filozoful David Albert a numit-o *ipoteza trecutului,* conform căreia entropia e ancorată la o valoare scăzută în preajma big bang-ului, şi în medie a crescut permanent de atunci încoace. Este abordarea pe care am adoptat-o implicit în acest capitol. în capitolul 10 vom analiza explicit posibilitatea improbabilă, dar conceptibilă, a unei stări cu entropie scăzută care evoluează dintr-o configuraţie anterioară cu entropie înaltă. Pentru ideile de bază şi mai multe detalii, vezi capitolul 7 din *The Fabric of the Cosmos.*

8. Descrierile matematice ale entropiei precizează: în orice regiune există mult mai multe moduri în care valoarea unui câmp poate să varieze (mai mare aici, mai mică acolo, mult mai mică dincolo etc.) decât moduri în care poate fi

uniform (aceeaşi valoare pretutindeni), şi prin urmare condiţiile necesare au entropie scăzută. Există totuşi o supoziţie tehnică ascunsă asupra căreia e important să atragem atenţia. Pentru a uşura înţelegerea voi folosi limbajul clasic, dar consideraţiile au o traducere directă în fizica

cuantică.* în lumea microscopică, nici o configuraţie de particule sau câmpuri nu se distinge în mod fundamental de oricare alta, şi de aceea considerăm în general că toate sunt la fel de probabile. Dar supoziţia aceasta se bazează pe ceea ce filozofii numesc *principiul indiferenţei.* Fără nici o dovadă a priori care să distingă o configuraţie microscopică de alta, le atribuim probabilităţi de realizare egale. Când ne deplasăm atenţia către lumea macroscopică, probabilitatea unei macrostări în comparaţie cu alta e determinată de raportul numărului de microstări care le produc pe fiecare. Dacă numărul microstărilor care produc o anumită macrostare este de două ori mai mare decât al celor care produc o altă macrostare, atunci probabilitatea de apariţie a primei macrostări este de două ori mai mare.

Să observăm totuşi că, în mod fundamental, justificarea principiului indiferenţei trebuie bazată empiric. într-adevăr, experienţa comună confirmă valabilitatea unei multitudini de utilizări, chiar dacă implicite, ale

principiului indiferenţei. Să luăm exemplul cu aruncarea monedelor. Presupunând că fiecare „microstare” a monedelor (o stare specificată enumerând dispunerea fiecărei monede, de pildă moneda 1 e avers, 2 e revers, 3 e revers etc.) e la fel de probabilă ca oricare alta, conchidem că acele aranjamente „macroscopice” (stări specificate precizând doar numărul total de aversuri şi reversuri, nu şi dispunerea monedelor individuale) care pot fi realizate de mai multe stări microscopice sunt mai probabile. Când aruncăm monedele, presupunerea aceasta e confirmată empiric de raritatea acelor rezultate, care pot fi realizate doar de un număr mic de microstări (de pildă, numai aversuri) şi de ubicuitatea acelora care pot fi realizate de un număr mare de microstări (de pildă, jumătate aversuri şi jumătate reversuri).

Relevanţa pentru discuţia noastră cosmologică este că, atunci când spunem că o porţiune uniformă a câmpului inflaton e „improbabilă”, invocăm în mod similar principiul indiferenţei. Presupunem în mod implicit că fiecare configuraţie microscopică posibilă a câmpului (valoarea precisă a câmpului în fiecare punct) e la fel de probabilă ca oricare alta, şi deci, din nou, probabilitatea unei configuraţii macroscopice date e proporţională cu numărul de microstări

care o realizează. Spre deosebire însă de cazul aruncării monedelor, nu avem nici o dovadă empirică în sprijinul acestei presupuneri. Faptul că ea pare rezonabilă se bazează pe experienţa noastră în lumea macroscopică de zi cu zi, unde principiul indiferenţei e susţinut de observaţie. Dar, în cazul evoluţiei cosmologice, cunoaştem o singură derulare a experimentului. O abordare empirică riguroasă ar conchide că, oricât de speciale ar părea unele configuraţii pe baza principiului indiferenţei, dacă ele conduc la universul pe care îl observăm, atunci ele se disting şi, ca o clasă, merită să fie numite nu doar „probabile”, ci „certe” (supuse obişnuitei naturi provizorii a tuturor explicaţiilor ştiinţifice). Din punct de vedere matematic, o asemenea mutaţie în ceea ce numim probabil şi improbabil e desemnată ca o schimbare a măsurii pe spaţiul configuraţiilor (vezi capitolul 2, nota 14). Măsura iniţială, care atribuie probabilităţi egale fiecărei configuraţii posibile, se numeşte măsură „plată”. Observaţiile pot astfel să motiveze introducerea unei măsuri „non-plate” care distinge anumite clase de configuraţii ca fiind mai probabile.

Pe fizicieni în general nu-i satisface o asemenea abordare. Lor li se pare „nenaturală” introducerea unei măsuri pe spaţiul configuraţiilor care să asigure cea mai mare pondere acelora care conduc la lumea pe care o ştim. Ei caută

o structură matematică fundamentală, bazată pe principii prime, care să producă această măsură ca un rezultat, în loc s-o includă printre datele iniţiale. Chestiuni importante sunt dacă asta nu înseamnă a cere prea mult şi dacă succesul nu ar deplasa pur şi simplu întrebarea cu un pas înapoi, la presupunerile implicite subiacente oricărei abordări bazate pe principii prime. Acestea nu sunt preocupări pedante. Mare parte a lucrărilor teoretice din ultimii treizeci de ani în domeniul fizicii particulelor au abordat chestiuni privitoare la reglajul fin în teoriile noastre cele mai subtile (reglajul fin al câmpului Higgs în modelul standard din fizica particulelor; reglajul fin necesar pentru a aborda problema orizontului şi cea a caracterului plat în cosmologia big bang standard). E adevărat că asemenea cercetări au dus la descoperiri profunde atât în fizica particulelor, cât şi în cosmologie, dar vom ajunge la un punct când va trebui pur şi simplu să acceptăm că anumite caracteristici ale lumii sunt date, fără o explicaţie mai adâncă? La fel ca mulţi dintre colegii mei, îmi place să cred că răspunsul e negativ. Dar nu avem nici o garanţie că aşa va fi.

9. Andrei Linde, comunicare personală 15 iulie 2019. Linde preferă abordarea în care faza inflationară e iniţiată de un eveniment de tunelare cuantică dintr-un domeniu al tuturor geometriilor şi

câmpurilor posibile, în care conceptele de timp şi temperatură nu au încă semnificaţie. Folosind judicios aspecte ale formalismului cuantic, Linde a argumentat că crearea cuantică a condiţiilor care conduc la o expansiune inflationară ar putea fi un proces comun în universul timpuriu, care nu suferă nici o suprimare cuantică.

10. E natural să credem că cu cât un telescop e mai puternic (cu cât e mai mare reflectorul sau oglinda etc.), cu atât el va putea distinge obiecte mai îndepărtate. Dar există o limită. Dacă un obiect e atât de departe, încât lumina pe care a emis-o de la naşterea sa nu a avut încă timp să ajungă până la noi, atunci, indiferent ce echipament folosim, nu-l vom putea vedea. Spunem că asemenea obiecte se află dincolo de *orizontul cosmic,* concept care va juca un rol deosebit de important în discuţia noastră despre viitorul îndepărtat din capitolele 9 şi 10. în cosmologia inflaţionară, spaţiul se extinde atât de rapid, încât regiunile înconjurătoare sunt realmente împinse dincolo de orizontul nostru cosmic.
11. Pe baza unor dovezi indirecte (mişcarea stelelor şi galaxiilor), există un consens larg că spaţiul e inundat cu particule de materie întunecată – particule care exercită o forţă gravitaţională, dar nu absorb şi nici nu produc lumină. Dar cum căutarea particulelor de materie întunecată n-a

avut până acum nici un rezultat, unii cercetători au sugerat alternative la materia întunecată în care observaţiile sunt explicate prin modificări ale legii forţei gravitaţionale. Dat fiind eşecul repetat a numeroase experimente menite a detecta direct particulele de materie întunecată, teoriile alternative atrag tot mai mult atenţia.

12. Direcţia fluxului de căldură, de la substanţe sau medii mai fierbinţi la altele mai reci, este o consecinţă directă a legii a doua a termodinamicii. Când cafeaua fierbinte se răceşte la temperatura camerei, transferând o parte din căldura sa moleculelor de aer din cameră, aerul se încălzeşte uşor, astfel încât entropia sa creşte.

Creşterea entropiei aerului depăşeşte scăderea entropiei cafelei care se răceşte, aşa încât per ansamblu entropia creşte. Matematic, variaţia entropiei unui sistem e dată de raportul dintre variaţia căldurii şi temperatură (AS = *J*| *Q/T,* unde S este entropia, Q este căldura, iar *T* este temperatura). Atunci când căldura curge de la un sistem mai fierbinte la unul mai rece, mărimea variaţiei căldurii fiecărui sistem este aceeaşi, dar, aşa cum arată ecuaţia, scăderea entropiei sistemului mai fierbinte e mai mică decât creşterea entropiei sistemului mai rece (datorită factorului *T* de la numitor), aşa încât variaţia netă va duce la o creştere per ansamblu a entropiei.

13. Din punctul de vedere al conservării energiei, pe măsură ce moleculele se mişcă spre exterior, energia lor potenţială gravitaţională creşte, deci energia lor cinetică scade.
14. Cititorul interesat de matematică şi cu pregătire în fizică poate înţelege aceasta cu ajutorul unui calcul simplu, folosind mecanica statistică clasică, în care entropia e proporţională cu volumul din spaţiul fazelor. Să presupunem că norul de gaz în contracţie satisface (faimoasa) teoremă a virialului, care stabileşte o legătură între energia cinetică medie a particulelor, *K,* şi energia lor potenţială medie, D, prin intermediul formulei *K = -U/2.* Atunci, deoarece energia potenţială gravitaţională e proporţională cu 1/R, unde *R* este raza norului, *K* este de asemenea proporţional cu *1/R.* în plus, deoarece energia cinetică e proporţională cu pătratul vitezei particulelor, obţinem că viteza medie a particulelor e proporţională cu 1/VJ?. Volumul din spaţiului fazelor accesibil particulelor din nor e astfel proporţional cu ^(ÎAĂR)^3, unde primul factor reprezintă volumul spaţial accesibil particulelor, iar al doilea factor reprezintă volumul din spaţiul impulsului accesibil particulelor. Vedem că scăderea volumului spaţial domină creşterea volumului în spaţiul impulsului, producând o scădere de ansamblu a entropiei pe măsură ce norul se contractă. Să mai observăm că

teorema virialului garantează că, pe măsură ce norul se contractă, scăderea energiei potenţiale depăşeşte creşterea energiei cinetice (datorită factorului „2” din relaţia între *K* şi U), aşa încât nu doar entropia, ci şi energia părţii din nor care se contractă scade. Energia e radiată stratului înconjurător, a cărui energie creşte, la fel ca entropia.

4. Informaţie şi vitalitate

1. Scrisoare de la EH.C. Crick către E. Schrbdinger, 12 august 1953.
2. J.D. Watson şi F.H.C. Crick, „Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid”, *Nature* 171 (1953): 737-738. Personajul principal în descoperire a fost chimista şi cristalografa Rosalind Franklin, a cărei „fotografie 51” a fost oferită lui Watson şi Crick de către Wilkins fără ca ea să ştie. Fotografia aceasta a fost esenţială pentru ca Watson şi Crick să completeze modelul de spirală dublă a ADN-ului. Franklin a murit în 1958, cu patru ani înainte de acordarea Premiului Nobel pentru descifrarea structurii ADN-ului – iar Nobelul nu se poate acorda postum. Dacă Franklin ar mai fi fost în viaţă, nu e clar cum ar fi acţionat comitetul Nobel. Vezi, de exemplu, Brenda Maddox, *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA* (New York: Harper Perennial,

   2003).
3. Maurice Wilkins, *The Third Man of the*

Double Helix (Oxford: Oxford University Press, 2003), 84.

4. Erwin Schrodinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 3.
5. Revista *Time,* Voi. 41, nr. 14 (5 aprilie 1943): 42.
6. Erwin Schrodinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 87.
7. K.G. Wilson, „Criticai phenomena in 3.99 dimensions”, *Physica* 73 (1974): 119. Vezi discursul Nobel al lui Ken Wilson pentru o discuţie semitehnică şi referinţe: https://www.nobelprize.org.
8. Sub diverse forme, noţiunea de poveşti ierarhizate, numite uneori „nivele de înţelegere” sau „nivele de explicaţie”, a fost invocată de savanţi dintr-o gamă largă de discipline ştiinţifice. Psihologii vorbesc despre explicarea comportamentului la nivel biologic (invocând cauze fiziochimice), la nivel cognitiv (invocând funcţii de nivel superior ale creierului) şi la nivel cultural (invocând influenţe sociale); unii savanţi cognitivişti (începând cu neurologul David Marr) organizează cunoaşterea sistemelor care procesează informaţia într-un nivel de calcul, un nivel algoritmic şi un nivel fizic. Multe dintre schemele ierarhice adoptate de filozofi şi fizicieni au în comun angajamentul faţă de *naturalism* – termen deseori folosit, dar greu de definit precis. Multi dintre cei care-l

folosesc sunt de acord că naturalismul respinge explicaţiile care invocă entităţi supranaturale şi se bazează exclusiv pe calităţi ale lumii naturale. Fireşte, pentru a preciza această poziţie, trebuie să specificăm limite discernabile pentru ceea ce constituie lumea naturală, mai uşor de spus decât de făcut. Mesele şi copacii se situează clar în domeniul său, dar ce se poate spune despre numărul cinci sau Ultima Teoremă a lui Fermat? Cum rămâne cu emoţia bucuriei sau cu senzaţia de roşu? Ori cu idealurile inalienabile de libertate şi demnitate umană?

De-a lungul anilor, întrebări precum acestea au inspirat multe variaţiuni pe tema naturalismului. O poziţie extremă susţine că singura cunoaştere legitimă a lumii provine din conceptele şi analizele ştiinţei – poziţie etichetată uneori drept „scientism”. Şi aici perspectiva necesită ca adepţii ei să definească termenii cu precizie: Ce constituie ştiinţa? Evident, dacă prin ştiinţă se înţeleg concluziile bazate pe observaţii, experienţe şi gândire raţională, hotarele ştiinţei se extind mult dincolo de disciplinele ştiinţifice pe care le găsim îndeobşte reprezentate în cadrul universităţilor. După cum vă puteţi imagina, aceasta atrage alegaţii privind o depăşire semnificativă a limitelor ştiinţei.

Poziţii mai puţin extreme inserează un angajament naturalist în diverse principii organizatorice. Filozoful Barry

Stroud a susţinut ceea ce el numeşte „naturalism expansiv sau cu vederi largi”, în care graniţele explicative nu sunt fixate rigid de la bun început. în schimb, naturalismul expansiv îşi rezervă libertatea de a construi straturi de comprehensiune care invocă totul, de la ingredientele materiale ale naturii la calităţile psihologice şi enunţurile matematice abstracte, pentru a explica observaţiile, experienţele şi analizele (Barry Stroud, „The Charm of Naturalism”, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association 70,* nr. 2 [noiembrie 1996], 43-55). Filozoful John Dupre a susţinut „naturalismul pluralist”, potrivit căruia visul unei unităţi în cadrul ştiinţei e un mit primejdios, şi că în schimb explicaţiile noastre trebuie să decurgă din „proiecte de investigaţie diverse şi suprapuse” care să se extindă asupra ştiinţelor tradiţionale şi mai departe pentru a include, între alte discipline, istoria, filozofia şi artele (John Dupre, „The Miracle of Monism”, în *Naturalism in Question,* ed. Mario de Caro şi David Macarthur [Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004], 36-58). Stephen Hawking şi Leonard Mlodinow au introdus noţiunea de „realism dependent de model”, care descrie realitatea în termenii unei set de poveşti distincte, fiecare bazată pe un model sau cadru teoretic diferit pentru explicarea observaţiilor, fie în lumea

microscopică a particulelor sau în cea macroscopică a întâmplărilor cotidiene (Stephen Hawking şi Leonard Mlodinow, *The Grand Design* [New York: Bantam Books, 2010]). Fizicianul Sean Carroll a invocat „naturalismul poetic” pentru a desemna explicaţii care extind naturalismul ştiinţific pentru a include limbajul şi conceptele oferite unor diverse domenii de interes (Sean Carroll, *The Big Picture* [New York: Dutton, 2016]). Şi, aşa cum am arătat în capitolul 1, nota 4, E.O. Wilson foloseşte termenul *consilience* pentru a exprima o reunire a cunoştinţelor din discipline foarte disparate care să ofere o profunzime a înţelegerii altminteri inaccesibilă.

Nu sunt un prea mare adept al jargonului, dar dacă ar trebui să-mi etichetez punctul de vedere, cel care ne va călăuzi discuţia pe tot parcursul cărţii, l-aş numi „naturalism ierarhizat” *[nested naturalism].* Naturalismul ierarhizat, aşa cum va deveni limpede în capitolul acesta şi în următoarele, este fidel valorii şi aplicabilităţii universale a reducţionismului. El acceptă ca pe un fapt că există o unitate fundamentală în funcţionarea lumii şi postulează că o asemenea unitate va fi descoperită urmând programul reducţionist până la orice profunzime ne va duce. Tot ce se petrece în lume admite o descriere în termenii constituenţilor fundamentali ai naturii, care urmează dictatele legilor

fundamentale ale naturii. Naturalismul ierarhizat subliniază însă de asemenea că o astfel de descriere are putere explicativă limitată. Există multe alte nivele de comprehensiune care se înfăşoară în jurul descrierii reducţioniste la fel cum părţile exterioare ale unui cuib se înfăşoară în jurul structurii sale interne. Şi, în funcţie de întrebările care se pun, celelalte poveşti explicative pot oferi descrieri mult mai pătrunzătoare decât cele oferite de reductionism. Toate descrierile trebuie

*

să fie compatibile între ele, dar la nivele superioare pot să apară concepte noi şi utile care nu admit corespondenţi la nivelele inferioare. De exemplu, conceptul de undă pe apă are sens şi este util atunci când studiem un număr mare de molecule de apă, dar nu şi atunci când studiem o singură moleculă. în mod similar, în explorarea poveştilor bogate şi variate ale experienţei umane, naturalismul ierarhizat invocă în mod liber descrieri la acele nivele structurale care se dovedesc cele mai edificatoare, asigurând în acelaşi timp că toate descrierile formează un întreg coerent.

9. Pe tot parcursul cărţii, referirile la „viaţă” înseamnă implicit „viaţa aşa cum o cunoaştem, pe planeta Pământ”, de aceea nu voi face această precizare.

10. Un obstacol semnificativ în calea formării atomilor cu mase atomice mari este inexistenta

unor nuclee stabile care conţin cinci sau opt nucleoni. Pe măsură ce nucleele se constituie prin adăugarea succesivă de protoni şi neutroni (nuclee de hidrogen şi heliu), instabilitatea la paşii al cincilea şi al optulea creează o gâtuire care împiedică nucleosinteza la big bang.

11. Procentele pe care le-am prezentat oferă abundentele relative în funcţie de masă. Deoarece un nucleu de heliu are o masă de aproximativ patru ori mai mare decât a unui nucleu de hidrogen, raportând numărul atomilor de hidrogen la cel al atomilor de heliu se obţin alte procente, aproximativ 92% hidrogen şi 8% heliu.
12. Pentru o istorie completă, vezi Helge Kragh, „Naming the Big Bang”, *Historical Studies in the Natural Sciences* 44, nr. 1 (februarie 2014): 3. Kragh sugerează că, deşi Hoyle a favorizat propria sa teorie cosmologică (modelul stării staţionare, în care universul a existat dintotdeauna), e posibil ca el să nu fi folosit termenul de „big bang” în sens peiorativ, ci ca pe un mod pitoresc de a face distincţie între teoria lui şi această competitoare.
13. S.E. Woosley, A. Heger şi T.A. Weaver, „The evolution and explosion of massive stars”, *Reviews of Modern Physics* 74 (2002): 1015.
14. Un studiu a analizat sute de mii de traiectorii posibile şi a tras concluzia că

aproape toate ar necesita ca Soarele să fie expulzat cu o viteză atât de mare, încât şi-ar pierde discul protoplanetar sau, dacă planetele s-au format deja, ele s-ar dispersa. (Bárbara Pichardo, Edmundo Moreno, Christine Allen *et al.,* „The Sun was not born in M67”, *The Astronomical Journal* 143, nr. 3 [2012]: 73). Un alt studiu, care face o presupunere diferită privind locul unde s-a format Messier 67 însuşi, a conchis că o viteză de expulzare mai mică ar fi putut lansa Soarele pe traiectoria lui, păstrând totodată planetele sau discul protoplanetar (Timmi G. Jorgensen şi Ross P. Church, „Stellar escapers from M67 can reach solar-like Galactic orbits”, arxiv.org, arXiv:1905.09586).

15. A.J. Cavosie, J.W. Valley, S.A. Wilde, „The Oldest Terrestrial Mineral Record: Thirty Years of Research on Hadean Zircon from Jack Hills, Western Australia”, în *Earth's Oldest Rocks,* ed. M.J. Van Kranendonk (New York: Elsevier, 2018), 255-278. Datele cele mai recente sunt compatibile cu studiul iniţial descris în John W. Valley, William H. Peck, Elizabeth M. King şi Simon A. Wilde, „A Cool Early Earth”, *Geology* 30 (2002): 351-354; John Valley, comunicare personală, 30 iulie 2019.
16. Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science* (London: Penguin Books, 1958), 16.
17. Max Born, *„Zur Quantenmechanik*

der StoBvorgănge", Zeitschrift für Physik 37, nr. 12 (1926): 863. în versiunea iniţială a acestui articol, Born a asociat probabilităţile direct cu funcţiile de undă cuantice, dar, într-o notă de subsol adăugată ulterior, a corectat relaţia pentru a implica pătratul modulului funcţiei de undă.

18. Principiul de excluziune al lui Wolfgang Pauli, pe care îl vom discuta în capitolul 9, este de asemenea esenţial pentru a determina orbitalii cuantici permişi electronilor în jurul unui nucleu. Principiul de excluziune stabileşte că doi electroni (mai general, doi fermioni, particule cu spin semiîntreg) nu pot să ocupe aceeaşi stare cuantică. în consecinţă, orbitalii cuantici individuali determinaţi de ecuaţia lui Schrodinger pot să primească fiecare cel mult un electron (sau, incluzând gradul de libertate al spinului, doi electroni). Mulţi dintre aceşti orbitali au aceeaşi energie, ceea ce în analogia noastră corespunde cu scaunele dispuse la acelaşi nivel în teatrul cuantic. Dar, odată ce toate aceste scaune sunt ocupate – odată ce toţi orbitalii cuantici sunt ocupaţi –, acel nivel nu mai poate primi electroni suplimentari.

19. Dacă vă amintiţi chimia din şcoală, vă veţi da seama că am făcut o mică simplificare. într-o descriere mai precisă, aş observa că (datorită mecanicii cuantice) atomii îşi organizează straturile într-o diversitate

de substraturi ale căror momente cinetice au valori diferite. Uneori un strat superior, cu moment cinetic mai mic, are mai puţină energie decât un strat inferior cu moment cinetic mai mare. în acest caz, electronii vor popula acel substrat al stratului superior înainte să completeze stratul inferior.

20. Mai precis, stabilitatea se obţine atunci când subpătura exterioară a unui atom (pătura lui de valenţă) e complet ocupată. Vă amintiţi poate din liceu „regula lui opt”, conform căreia atomii au de obicei nevoie de opt electroni în pătura de valenţă, aşa încât vor dona, vor accepta sau vor pune în comun electroni cu alţi atomi pentru a realiza acel număr.
21. Albert Szent-Gyorgyi, „Biology and Pathology of Water”, *Perspectives in Biology and Medicine* 14, nr. 2 (1971): 239.
22. în acest capitol ne concentrăm asupra plantelor şi animalelor, care sunt constituite din celule eucariote (care conţin un nucleu). Cercetătorii afirmă aşadar că filiaţiile converg în „ultimul strămoş comun eucariot” (LECA, *last eukaryotic common ancestor).* Mai general, dacă luăm în considerare şi bacteriile, şi archaea, filiaţiile converg mai departe în trecut, în „ultimul strămoş comun universal” (LUCA, *last universal common ancestor).*
23. A. Auton, L. Brooks, R. Durbin *et al.,* „A global reference for human genetic

variation”, *Nature* 526, nr. 7571 (octombrie 2015): 68.

24. Oamenii de ştiinţă au elaborat diverse măsuri pentru a compara suprapunerea ADN-ului între specii. O metodă compară perechile de baze pentru genele care sunt comune speciilor (aceasta e originea diferenţei genetice citate de aproximativ un procent între oameni şi cimpanzei), în timp ce o altă metodă compară genomurile în întregime (şi indică o diferenţă genetică om-cimpanzeu ceva mai mare).
25. Mai precis, cercetătorii numesc „aproape” universal codul explicat în paragraful următor, reflectând faptul că în anumite cazuri particulare au fost descoperite variaţii. Totuşi, chiar şi aceste modificări modeste au în comun aceeaşi structură de codificare de bază descrisă în capitol.
26. Cu coduri din trei litere şi patru litere distincte, există 64 de combinaţii posibile. Dar întrucât aceste secvenţe codifică numai 20 de aminoacizi, mai multe secvenţe diferite pot codifica acelaşi aminoacid, cum se şi întâmplă. Din punct de vedere istoric, între primele articole care au desluşit codul genetic au fost EH.C. Crick, Leslie Barnett, S. Brenner şi R.J. Watts-Tobin, „General nature of the genetic code for proteins”, *Nature* 192 (1961): 1227-1232; J. Heinrich Matthaei, Oliver W. Jones, Robert G. Martin şi Marshall W. Nirenberg, „Characteristics and

Composition of Coding Units”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, nr. 4 (1962): 666-677. La jumătatea anilor 1960, prin eforturile unui număr de cercetători, în primul rând Marshall Nirenberg, Robert Holley şi Har Gobind Khorana, codul a fost complet descifrat, realizare pentru care celor trei oameni de ştiinţă li s-a decernat Premiul Nobel pe 1968.

27. Definiţia precisă a unei gene încă mai e subiect de dezbatere. în plus faţă de informaţia care codifică proteinele, o genă conţine secvenţe auxiliare (care nu sunt neapărat adiacente regiunii de codificare) ce pot influenţa modul precis în care o celulă foloseşte datele de codificare (de exemplu pentru a intensifica sau a inhiba viteza de producere a unei anumite proteine, între alte funcţii regulatoare).

28. Ideea centrală, curenţi electrici pe bază de protoni care alimentează sinteza ATP, a fost propusă de biochimistul britanic Peter Mitchell şi i-a adus Premiul Nobel pentru chimie pe 1978. (P. Mitchell, „Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism”, *Nature* 191 [1961]: 144-148.) Deşi diverse detalii ale propunerii lui Mitchell au necesitat rafinări ulterioare, Premiul Nobel i-a fost acordat pentru ideile sale despre „transferul energiei biologice”. Mitchell a fost un om de ştiinţă neobişnuit. Sătul

de feluritele inepţii ale lumii academice (pot simpatiza cu el), a înfiinţat o companie caritabilă independentă, Glynn Research, unde el împreună cu diverşi colegi şi un personal de maximum zece oameni au efectuat cercetări biochimice. Detaliile fascinantei sale vieţi sunt relatate în cartea lui

*

John Prebble şi Bruce Weber *Wandering in the Gardens of the Mind: Peter Mitchell and the Making of Glynn* (Oxford: Oxford University Press, 2003). Pentru detalii privind cunoştinţele actuale despre extragerea şi transportul energiei în celule, vezi, de exemplu, Bruce Alberts *et aL, Molecular Biology of the Cell,* ed. a cincea (New York: Garland Science, 2007), capitolul 14. Cititorul avizat va observa o excepţie de la universalitatea acestui proces: extragerea energiei prin *fermentaţie* (proces de extragere a energiei care nu foloseşte oxigen).

29. Charles Darwin, *The Origin of Species* (New York: Pocket Books, 2008).
30. în analogia mea, imaginez o firmă care-şi perfecţionează produsul printr-un proces aleatoriu repetat de încercare şi eşec. Există însă alte metode în care încercarea şi eşecul pot fi mai eficient integrate. De exemplu, în dezvoltarea diverşilor algoritmi de calcul, informaticienii pornesc de la un algoritm, îl modifică aleatoriu, elimină acele modificări care reduc viteza

algoritmului, iar apoi le modifică în continuare pe cele rămase (algoritmii modificaţi care sporesc viteza). Iterând această procedură, rezultă o abordare inspirată de selecţia naturală care testează o gamă largă de posibilităţi, conducând la proceduri de calcul mai rapide. Bineînţeles, studierea unor algoritmi modificaţi pe un calculator e mult mai puţin costisitoare decât a încerca pe piaţă un produs modificat la întâmplare. Procesul orb de încercare şi eşec poate fi aşadar o strategie utilă în diverse sarcini, atâta timp cât costurile în timp şi resurse pentru a itera rundă după rundă de modificări aleatorii sunt mici (sau dacă modificările pot fi testate în paralel în număr mare).

31. Eric T. Parker, Henderson J. Cleaves, Jason P. Dworkin *et al.,* „Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H2S-rich spark discharge experiment”, *Proceedings of the Naţional Academy of Sciences* 108, nr. 14 (aprilie 2011): 5526.
32. Pereţii celulelor se pot forma în mod natural din substanţe chimice obişnuite, precum acizii graşi, care au un capăt hidrofil şi unul hidrofob. Relaţia aceasta cu apa poate determina asemenea molecule să formeze bariere duble, în care capetele hidrofilé ale moleculelor sunt orientate spre exterior, iar capetele hidrofobe menţin cei doi pereţi laolaltă – un perete celular. Pentru o discuţie în contextul scenariului Lumii ARN, vezi

G.F. Joyce and J.W. Szostak, „Protocells and RNA Self-Replication”, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 10, nr. 9 (2018).

33. Diverşi cercetători, între care chimistul Svante Arrhenius, astronomul Fred Hoyle, astrobiologul Chandra Wickramasinghe şi fizicianul Paul Davies, au sugerat că unii meteoriţi au purtat germeni deosebit de rezistenţi ai vieţii, molecule gata sintetizate, capabile să se replice şi să catalizeze reacţii. Este o ipoteză fascinantă, care avansează posibilitatea ca roci spaţiale purtătoare de viaţă să fi căzut pe un mare număr de planete pretutindeni în cosmos, dar care nu ne ajută să înţelegem originea vieţii, întrucât transferă problema originii asupra acelor germeni.
34. Dávid Deamer, *Assembling Life: How Can Life Begin on Earth and Other Habitable Planets?* (Oxford: Oxford University Press, 2018).
35. A.G. Cairns-Smith, *Seven Clues to the Origin of Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990).
36. W. Martin şi M. J. Russell, „On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367 (2007): 1187.
37. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 67.
38. Energia purtată de fotonii incidenţi e

mai concentrată (lungimile lor de undă sunt mai scurte, ei aflându-se în partea vizibilă a spectrului, iar numărul lor e mai mic), şi prin urmare de calitate mai înaltă; energia purtată de fotonii emergenţi e mai diluată (lungimile lor de undă sunt mai mari, ei aflându-se în partea infraroşie a spectrului, iar numărul lor e mai mare), şi prin urmare de calitate mai joasă. Utilitatea energiei solare derivă aşadar nu numai din cantitatea masivă de energie furnizată de Soare, ci şi din faptul că ea este de calitate înaltă, având o entropie mult mai scăzută decât căldura pe care o eliberează Pământul înapoi în spaţiu. Aşa cum am remarcat, pentru fiecare foton pe care Pământul îl primeşte de la Soare, el radiază înapoi în spaţiu două duzini de fotoni. Pentru evaluarea acestui număr, să observăm că fotonii solari sunt emişi dintr-un mediu a cărui temperatură este în jur de 6.000 K (temperatura de la suprafaţa Soarelui), pe când cei eliberaţi de Pământ sunt emişi dintr-un mediu a cărui temperatură este de aproximativ 285 K (temperatura de la suprafaţa Pământului). Energia unui foton e proporţională cu temperatura (considerând că fotonii sunt un gaz ideal de particule), prin urmare raportul dintre numărul de fotoni absorbiţi de Pământ de la Soare şi cei reemişi este dat de raportul dintre cele două temperaturi, 6000 K / 285 K,

aproximativ 21, adică aproape două duzini de fotoni.

39. Erwin Schrodinger, *What Is Life?* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 1.
40. Albert Einstein, *Autobiographical Notes* (La Salle, IL: Open Court Publishing, 1979), 3. Pentru o admirabilă tratare modernă a principiilor termodinamicii în contextul sistemelor vii, oferind exemple edificatoare care ilustrează multe dintre conceptele esenţiale pe care le invocăm, vezi Philip Nelson, *Biological Physics: Energy, Information, Life* (New York: W. H. Freeman and Co., 2014).
41. J.L. England, „Statistical physics of selfreplication”, *Journal of Chemical Physics* 139 (2013): 121923. Nikolay Perunov, Robert A. Marsland şi Jeremy L. England, „Statistical Physics of Adaptation”, *Physical Review X* 6 (June 2016): 021036-1; Tai Kachman, Jeremy A. Owen şi Jeremy L. England, „Self-Organized Resonance During Search of a Diverse Chemical Space”, *Physical Review Letters* 119, nr. 3 (2017): 038001-l. Vezi de asemenea G.E. Crooks, „Entropy production fluctuation theorem and the nonequilibrium work relation for free energy differences”, *Physical Review E* 60 (1999): 2721; şi C. Jarzynski, „Nonequilibrium equality for free energy differences”, *Physical Review Letters* 78 (1997): 2690.
42. England subliniază de asemenea că,

deoarece structura fizică a unei entități vii e ordonată nu

*

doar momentan, ci îşi menţine ordinea pe perioade lungi de timp – chiar şi o perioadă după ce moare – o parte semnificativă a energiei reziduale pe care o produce viaţa poate fi un produs secundar al construirii unor asemenea structuri stabile. Aşadar, în cazul vieţii e posibil ca o contribuţie dominantă la pasul în doi entropie să fie legat de formarea structurilor, pe lângă menţinerea continuă a homeostaziei. Să observăm de asemenea că, în timp ce sistemele vii trebuie să absoarbă energie de calitate înaltă, acea energie trebuie să fie într-o formă care să nu distrugă organizarea internă a sistemului. Ca ilustrare mecanică, un sunet cu o frecvenţă adecvată poate face un pahar să vibreze, dar dacă energia transferată e prea mare, paharul se poate sparge. Pentru a evita un rezultat analog, unele grade de libertate într-un sistem disipativ se grupează în configuraţii care evită rezonanţa cu energia venită din mediu. Viaţa implică un echilibru adecvat între aceste extreme.

5. Particule şi conştiinţă

1. Albert Camus, *The Myth of Sisyphus,* trad. Justin O’Brien (London: Hamish Hamilton, 1955), 18.
2. Ambrose Bierce, *The Devil’s Dictionary* (Mount Vernon, NY: The Peter Pauper Press, 1958), 14.
3. Will Durant, *The Life of Greece,* voi. 2 din *The Story of Civilization* (New York: Simon & Schuster, 2011), 8181-8182, Kindle.
4. întrucât menţionez frecvent ecuaţiile

matematice

* *

care articulează legile fizicii, merită să prezentăm pe scurt versiunile cele mai elaborate ale acestor ecuaţii. Chiar dacă nu înţelegeţi simbolurile, poate fi interesant să vedeţi „aspectul” general al matematicii.

Ecuaţiile de câmp ale lui Einstein din teoria generală a relativităţii sunt: P_{pv} – *Vi* g_{pv} 1? + Ag_{pv} = $(8nG/c^4)$ T_{pv}, unde membrul stâng descrie curbura spaţiului-timp, precum şi constanta cosmologică A, iar membrul drept descrie masa şi energia care sunt sursa curburii (sursa câmpului gravitaţional). în această expresie (şi în cele care urmează) indicii greceşti iau valori de la 0 la 3, reprezentând cele patru coordonate spaţio- temporale.

Ecuaţiile lui Maxwell ale electromagnetismului sunt 5”$F_{„R}$ = g_0J_R şi $5_{[n}F_{pa]}$= 0, unde membrii din stânga ai acestor ecuaţii descriu câmpurile electric şi magnetic, iar membrii din dreapta descriu sarcinile electrice care dau naştere acestor câmpuri.

Ecuaţiile pentru forţele nucleare tare şi slabă sunt generalizări ale ecuaţiilor lui Maxwell. Caracteristica nouă esenţială este că, în vreme ce în teoria lui Maxwell putem scrie „tăria câmpului” $F_{„R}$ = 5A – $5_{[(}A_{„}$ în funcţie de A„, numit „potenţial vectorial”, în cazul forţelor nucleare există un set de tării ale câmpului Fa_{ap}, precum şi un set de

potenţiale vectoriale A^a_a, care sunt legate între ele prin ecuaţia $F^a_{ap} = A^a_p - A^a_a$ + *9f*^{bc} ^^{c}p- Indicii latini parcurg generatorii algebrelor Lie su(2) în cazul forţei nucleare slabe şi su(3) în cazul forţei nucleare tari, iar *f* ^{abc} sunt constantele de structură ale acestor algebre.

Ecuaţia lui Schrodinger a mecanicii cuantice este ih(^{3}T/^{3}t) = HT, unde *H* este hamiltonianul, iar este funcţia de undă, al cărei modul (normat în mod adecvat) ridicat la pătrat furnizează probabilităţile cuantice. Unificarea mecanicii cuantice cu forţele electromagnetică şi nucleare tare şi slabă, incluzând de asemenea particulele materiale cunoscute şi particula Higgs, constituie Modelul Standard al fizicii particulelor. De regulă, Modelul Standard este exprimat într-un formalism echivalent, dar distinct, numit al integralelor de drum (o abordare iniţiată de fizicianul Richard Feynman). Unificarea mecanicii cuantice cu relativitatea generală e o temă de cercetare avansată în plină desfăşurare.

5. Augustine, *Confessions,* trad. F.J. Sheed (Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2006), 197.
6. Thomas Aquinas, *Questiones Disputatae de Veritate,* questions 10-20, trad. James V. McGlynn, S.J. (Chicago: Henry Regnery Company, 1953). https:// dhspriory .org/ thomas/ QDdeVerlO .htm

#8.

7. William Shakespeare, *Measure for Measure,* ed. J.M. Nosworthy (London: Penguin Books, 1995), 84.
8. Gottfried Leibniz, scrisoare către Christian Goldbach, 17 aprilie 1712.
9. Otto Loewi, „An Autobiographical Sketch”, *Perspectives in Biology and Medicine* 4, nr. 1 (toamna 1960): 3-25. Loewi a consemnat incorect că visul a avut loc în duminica Paştelui a anului 1920, deşi anul a fost 1921.
10. Pentru o istorie detaliată, vezi Henri Ellenberger, *The Discovery of the Unconscious* (New York: Basic Books, 1970).
11. Peter Halligan şi John Marshall, „Blindsight and insight in visuo-spatial neglect”, *Nature* 336, nr. 6201 (decembrie 22-29, 1988): 766-767.
12. Vinovatul a fost James Vicary, care în 1957 a afirmat că instantanee subliminale care încurajau spectatorii să mănânce popcorn şi să bea Coca- Cola au dus la creşteri semnificative ale vânzărilor ambelor produse. Ulterior, Vicary a admis că afirmaţiile sale au fost neîntemeiate.
13. Cercetătorii au stabilit capacitatea unei mari diversităţi de stimuli subliminali de a influenta , * activităţile conştiente. în acest paragraf descriu un exemplu, influenţele subliminale asupra unor determinări numerice simple. Dar influenţe subliminale similare au fost

demonstrate pentru recunoaşterea cuvintelor – vezi, de exemplu, Anthony J. Marcel, „Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition”, *Cognitive Psychology* 15 (1983): 197-237 – precum şi pentru percepţia şi evaluarea unui spectru larg de imagini şi obiecte.

14. L. Naccache şi S. Dehaene, „The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes”, *Cerebral Cortex* 11, nr. 10 (2001): 966-974; L. Naccache şi S. Dehaene, „Unconscious Semantic Priming Extends to Novel Unseen Stimuli”, *Cognition* 80, nr. 3 (2001): 215-229. Să observăm că în aceste experimente stimulul iniţial devine subliminal în urma unei proceduri de *mascare* în care forme geometrice sunt arătate înainte şi după stimul. Pentru o trecere în revistă, vezi Stanislas Dehaene and Jean-Pierre Changeux, „Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing”, *Neuron* 70, nr. 2 (2011): 200-227, and Stanislas Dehaene, *Consciousness and the Brain* (New York: Penguin Books, 2014).
15. Isaac Newton, scrisoare către Henry Oldenburg, 6 februarie 1671. http:// www .newtonproject .ox .ac .uk/ view/ texts/ normalized/ NATP00003.
16. Filozofi, psihologi, mistici şi tot felul

de alţi gânditori au adoptat diverse definiţii ale conştiinţei. în funcţie de context, unele pot fi mai utile decât abordarea noastră, altele mai puţin. Ne concentrăm aici asupra „problemei dificile”, iar în acest scop descrierea oferită în cadrul capitolului ne va fi utilă.

17. Referirea mea aici la protoni, neutroni şi electroni e o exprimare prescurtată pentru starea creierului articulată în termenii celor mai fine ingrediente ale naturii, indiferent care se vor dovedi a fi acestea (particule, câmpuri, corzi etc.).
18. Thomas Nagel, „What Is It Like to Be a Bat?” *Philosophical Review* 83, nr. 4 (1974): 435-450.
19. Când vorbesc despre înţelegerea uraganelor sau a vulcanilor – sau a oricăror alte corpuri macroscopice – în termenii particulelor fundamentale, o fac dintr-o perspectivă „în principiu”. Aşa cum a subliniat insistent teoria haosului, diferenţe infime în condiţiile iniţiale ale unui ansamblu de particule vor produce diferenţe enorme în viitoarea configuraţie a particulelor, ceea ce adevărat chiar şi pentru ansambluri mici, în practică, acest fapt are o influenţă semnificativă asupra tipurilor de predicţii pe care le putem face, dar nu presupune nici un mister. Teoria haosului oferă un set semnificativ şi profund de idei, dar nu a fost dezvoltată pentru a umple o lacună percepută în înţelegerea legilor fizice de bază. Când e vorba de conştiinţă însă,

problema ridicată în cadrul capitolului – cum pot particule lipsite de minte să producă senzaţii mentale? – a sugerat unor cercetători existenţa unei lacune de natură mai profundă. Ei au arătat că senzaţiile mentale nu pot să apară din ansambluri mari de particule, indiferent cum ar fi
coordonate mişcările acelor particule.

20. Frank Jackson, „Epiphenomenal Qualia”, *Philosophical Quarterly* 32 (1982): 127-136.
21. Daniel Dennett, *Consciousness Explained* (Boston: Little, Brown and Co., 1991), 399-401.
22. David Lewis, „What Experience Teaches”, *Proceedings of the Russellian Society* 13 (1988): 29-57. Retipărit în David Lewis, *Papers in Metaphysics and Epistemology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999): 262-90, care dezvoltă idei anterioare din Laurence Nemirow, „Review of Nagel’s Mortal Questions”, *Philosophical Review* 89 (1980): 473-477.
23. Laurence Nemirow, „Physicalism and the cognitive role of acquaintance”, în *Mind and Cognition,* ed. W. Lycan (Oxford: Blackwell, 1990), 490-499.
24. Frank Jackson, „Postscript on Qualia”, în *Mind, Method, and Conditionals, Selected Essays* (London: Routledge, 1998), 76-79.
25. în articolul său din 1995, Chalmers discută deopotrivă vitalismul şi electromagnetismul ca referinţe utile

atunci când reflectăm asupra problemei dificile. Trăsătura distinctivă esenţială a problemei dificile, aşa cum a definit-o Chalmers, este că ea abordează în mod necesar calităţi subiective ale experienţei şi ca atare, susţine el, nu poate fi rezolvată printr-o cunoaştere mai rafinată a funcţiilor obiective ale creierului. în secţiunea aceasta consider util să încadrez problema într-un mod oarecum diferit, punând în contrast chestiunile deschise pe care ştiinţa le poate rezolva, cel puţin în principiu, folosind paradigma sa actualmente în vigoare (care defineşte arena în care se desfăşoară realitatea aşa cum o cunoaştem) şi chestiunile deschise pentru care această paradigmă se poate dovedi inadecvată. în acest cadru, o problemă e dificilă dacă rezolvarea ei necesită schimbarea fundamentală a abordării existente pentru descrierea lumii (în cazul electricităţii şi al magnetismului, oamenii de ştiinţă au trebuit să introducă însuşiri fundamental noi – câmpuri electrice şi magnetice care umplu spaţiul şi sarcini electrice). Cu referire la poziţia lui Chalmers, conform căreia problema dificilă nu poate fi rezolvată folosind doar ingredientele materiale aflate în centrul descrierilor fizice fundamentale ale realităţii, cadrul pe care-l introduc eu, deşi diferit, surprinde o parte esenţială a problemei. Să observăm de asemenea că, potrivit lui Chalmers,

motivul dispariţiei treptate a vitalismului e că întrebarea pe care a pus accent *s-a referit* la funcţii obiective: Cum pot ingredientele fizice să îndeplinească funcţiile obiective ale vieţii? Pe măsură ce ştiinţa a înţeles mai bine capacităţile funcţionale ale ingredientelor fizice (molecule biochimice etc.), enigma pe care a încercat s-o abordeze vitalismul s-a diminuat. Potrivit lui Chalmers, acest progres nu se va repeta cu problema dificilă. Fizicaliştii nu împărtăşesc această idee şi anticipează că progresele în înţelegerea funcţionării creierului ne vor permite să înţelegem experienţa subiectivă. Pentru mai mult amănunte, vezi David Chalmers, „Facing Up to the Problem of Consciousness”, *Journal of Consciousness Studies* 2, nr. 3 (1995): 200-219, şi David Chalmers, *The Conscious Mind: În Search of a Fundamental Theory* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 125.

26.în literatura clinică există nenumărate cazuri în

care extirparea anumitor secţiuni ale creierului are ca rezultat pierderea unor funcţii cerebrale bine definite. Un asemenea caz îmi e foarte familiar. După o intervenţie chirurgicală pentru eliminarea unei tumori maligne, Tracy, soţia mea, şi-a pierdut temporar capacitatea de a numi o gamă largă de substantive comune. După cum se exprimă ea, a fost ca şi cum chirurgia i-ar fi excizat baza de date în care fusese stocată cunoaşterea numelor diverselor obiecte. Ea putea să invoce imaginea mentală a acestor obiecte, de pildă o pereche de pantofi roşii, dar era incapabilă să numească imaginea din mintea ei.

27. Giulio Tononi, *Phi: A Voyage from the Brain to the Soul* (New York: Pantheon, 2012); Christof Koch, *Consciousness: Confessions of a Romantic Reductionist* (Cambridge, MA: MIT Press, 2012); Masafumi Oizumi, Larissa Albantakis şi Giulio Tononi, „From the Phenomenology to the Mechanisms of Consciousness: Integrated Information Theory 3.0”, *PLoS Computational Biology* 10, nr. 5 (mai 2014).
28. Scott Aaronson, „Why I Am Not an Integrated Information Theorist (or, The Unconscious Expander) „, *Shtetl-Optimized.* https:// www .scottaaronson .com/blog/ ?p = 1799.
29. Michael Graziano, *Consciousness and*

the Social Brain (New York: Oxford University Press, 2013); Taylor Webb şi Michael Graziano, „The attention schema theory: A mechanistic account of subjective awareness”, *Frontiers in Psychology* 6 (2015): 500.

30. Percepţia umană a culorilor e mai complexă decât sugerează scurta mea descriere. Ochii noştri au receptori sensibili pe anumite intervale de frecvente ale luminii. Unii sunt mai sensibili la

cele mai înalte frecvenţe vizibile, alţii la cele mai joase, iar unii la frecvenţe intermediare. Culorile percepute de creier rezultă dintr-o combinaţie a răspunsurilor diverşilor receptori.

31. La fel ca în nota precedentă, aceasta e o simplificare, deoarece „roşu” este modul cum interpretează creierul un amestec de răspunsuri la diversele frecvenţe primite de receptorii săi vizuali. Descrierea simplificată exprimă totuşi aspectul esenţial: senzaţia noastră de culoare e o reprezentare utilă, dar grosieră, a datelor fizice transmise ochilor noştri prin intermediul undelor electromagnetice.
32. David Premack şi Guy Woodruff, „Does the chimpanzee have a theory of mind?”, *Cognition and Consciousness in Nonhuman Species,* număr special al *Behavioral and Brain Sciences* 1, nr. 4 (1978): 515-526.
33. Daniel Dennett, *The Intentional Stance* (Cambridge, MA: MIT Press, 1989).
34. Vezi, de exemplu, modelul lui Dennett al schiţelor multiple în Daniel Dennett, *Consciousness Explained* (Boston: Little, Brown & Co., 1991), teoria lui Baars a spaţiului de lucru global în Bernard J. Baars, *În the Theater of Consciousness* (New York: Oxford University Press, 1997) şi teoria reducţiei orchestrate a lui Hameroff şi Penrose în Stuart Hameroff şi Roger Penrose, „Consciousness in the universe: A

review of the ‘Orch OR’ theory”, *Physics of Life Reviews* 11 (2014): 39-78.

35. Deşi întreaga mecanică cuantică poate fi construită pornind de la ecuaţia lui Schrodinger, în deceniile care au trecut de la introducerea teoriei, multi fizicieni au dezvoltat considerabil formalismul. Predicţia reuşită la care mă refer rezultă din calcule într-un domeniu al fizicii cuantice numit electrodinamică cuantică, care combină mecanica cuantică cu teoria lui Maxwell a electromagnetismului.
36. Un alt mod de a exprima aceasta e că potrivit mecanicii cuantice electronul, înainte de a fi măsurat, nu are o poziţie în sensul convenţional al termenului.
37. Aşa cum am menţionat în nota 5 de la capitolul 3, există o versiune a mecanicii cuantice în care particulele au traiectorii precis definite, oferind astfel o posibilă soluţie a problemei măsurătorii cuantice. În prezent, abordarea aceasta, numită mecanică bohmiană sau mecanică de Broglie-Bohm, e studiată doar de un mic grup de cercetători din lumea întreagă. Deşi e un candidat slab cotat, eu n-aş elimina mecanica bohmiană ca o abordare care în viitor s-ar putea să devină perspectiva dominantă. O altă abordare a problemei măsurătorii cuantice e interpretarea lumilor multiple, în care toate rezultatele posibile permise de evoluţia mecanicii cuantice sunt realizate la o măsurătoare. O a treia propunere,

teoria Ghirardi-Rimini-Weber (GRW), introduce un proces fizic nou şi fundamental care, rar, dar în mod aleatoriu, produce colapsul undei de probabilitate a unei particule individuale. Pentru ansambluri mici de particule, procesul survine prea rar pentru a influenţa rezultatele unor experimente cuantice reuşite. Dar, pentru ansambluri mari, procesul survine mult mai rapid, creând un efect de domino care selectează un singur rezultat ce se va realiza în lumea macroscopică. Pentru mai multe detalii, vezi, de exemplu, *The Fabric of the Cosmos,* capitolul 7.

38. Fritz London şi Edmond Bauer, *La théorie de l'observation en mécanique quantique, nr.* 775 of *Actualités scientifiques et industrielles; Exposés de physique générale, publiés sous la direction de Paul Langevin* (Paris: Hermann, 1939), tradus în John Archibald Wheeler şi Wojciech Zurek, *Quantum Theory and Measurement* (Princeton: Princeton University Press, 1983), 220.
39. Eugene Wigner, *Symmetries and Reflections* (Cambridge, MA: MIT Press, 1970).
40. Aristotel considera o acţiune „voluntară” dacă pornea de la un anumit agent şi rezulta din deliberările acelui agent – perspectivă care, cu rafinări substanţiale, a avut o influenţă semnificativă. Vezi Aristotel, *Nicomachean Ethics,* trad. C.D.C. Reeve

(Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2014), 35-41. Aristotel nu includea legile deterministe ale fizicii între forţele externe capabile să facă o acţiune involuntară, dar aceia (inclusiv eu) care iau în considerare asemenea influenţe fundamentale, deşi impersonale, cred că noţiunea lui de „voluntar” nu se aliniază cu intuiţia lor privind liberul-arbitru.

41. La fel ca în nota 17 din acest capitol, când mă refer la particulele care constituie un obiect macroscopie recurg la o exprimare prescurtată pentru starea fizică completă a obiectului. Clasic, starea aceasta e dată de poziţiile şi vitezele constituentilor fundamentali ai obiectului. Cuantic, starea e dată de funcţia de undă care descrie constituentii obiectului. Având în vedere accentul pus de mine pe particule, poate vă întrebaţi cum stau lucrurile în privinţa câmpurilor. Aşa cum cititorul cu pregătire tehnică ştie, din teoria cuantică a câmpurilor aflăm că influenţa unui câmp e transmisă de particule (de pildă, influenţa câmpului electromagnetic e transmisă de fotoni); mai mult, teoria cuantică a câmpurilor arată şi că un câmp macroscopic poate fi descris matematic ca o anumită configuraţie de particule – o aşa-numită *stare coerentă* a particulelor. Referirea mea la „particule” e menită deci să includă şi câmpurile. Cititorul avizat va observa de asemenea că anumite

caracteristici cuantice, cum ar fi corelaţia cuantică, pot face ca starea unui obiect să fie o noţiune mai subtilă în cadrul cuantic decât în cel clasic*. în cea mai mare parte a discuţiei vom putea ignora asemenea subtilităţi; în mod fundamental, vom avea nevoie doar de evoluţia legică şi unitară a lumii fizice.

42. Mai precis, probabilitatea ca particulele pietrei să conspire pentru a sări de pe bancă e atât de mică, încât la scările de timp de interes posibilitatea statistică de a fi salvat de o piatră poate fi ignorată.

43. Literatura filozofică conţine multe propuneri compatibiliste. Dintre acestea, abordarea pe care o prezint se apropie cel mai mult de aceea propusă şi dezvoltată de Daniel Dennett în *Freedom Evolves* (New York: Penguin Books, 2003) şi în *Elbow Room* (Cambridge, MA: MIT Press, 1984), la care îl trimit pe cititor pentru o discuţie mai aprofundată. Am reflectat asupra acestor idei de când am fost îndemnat prima oară să mă gândesc la ele, cu decenii în urmă, de Luise Vbsgerchian, unul dintre profesorii mei cei mai influenţi. Vosgerchian, care a fost profesoară de muzică la Harvard, era profund interesată de legătura dintre descoperirile ştiinţifice şi sensibilităţile estetice, şi mi-a cerut să scriu despre libertatea şi creativitatea umană din punctul de vedere al fizicii moderne.

44. Inteligenţa artificială şi învăţarea automată pun şi mai bine în evidenţă acest aspect. Cercetătorii au dezvoltat algoritmi pentru jocuri precum şahul sau Go, care se pot actualiza singure pe baza analizei succesului sau eşecului mişcărilor anterioare. în interiorul calculatorului care adăposteşte un asemenea algoritm nu există decât particule care se mişcă într-o direcţie sau alta sub controlul deplin al legii fizice. Şi totuşi algoritmul se îmbunătăţeşte. Algoritmul învaţă. Mutările sale devin creatoare. Atât de creatoare, încât în numai câteva ore de asemenea actualizare internă, sistemele cele mai rafinate pot progresa de la nivelul unui începător la triumful asupra unor maeştri de clasă mondială. Vezi David Silver, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser *et al.,* „A general reinforcement leaming algorithm that masters chess, shogi, and Go through self- play”, *Science* 362 (2018): 1140-1144.
45. Problema aici este că, dacă „eu” sunt configuraţia mea de particule, atunci când acea configuraţie se schimbă, în modul de aranjare şi în compoziţie, mai sunt oare eu? Este o versiune a unei alte probleme celebre din filozofie – identitatea personală în timp – şi ca atare a generat o gamă largă de opinii şi reacţii. înclin către abordarea lui Robert Nozick în care, pentru a folosi un limbaj oarecum tehnic, identificăm eul meu

viitor prin minimizarea unei funcţii de distanţă pe spaţiul candidaţilor pentru acel rol, căutând persoana care „continuă cel mai îndeaproape” existenţa mea până în acel moment. Specificarea funcţiei de distanţă este desigur esenţială, iar Nozick observă că doi oameni care accentuează diferit aspectele definitorii ale personalităţii pot face alegeri diferite. În multe cazuri, noţiunea intuitivă despre cine „continuă cel mai îndeaproape” propria mea persoană e adecvată, dar se pot construi exemple artificiale, însă paradoxale. De pildă, să ne imaginăm o defecţiune a transportorului care produce două copii ale mele la o destinaţie ţintă. Care din ansamblurile de particule este „adevăratul” eu? în acest caz, Nozick sugerează că, în lipsa unui cel mai apropiat continuator unic, s-ar putea ca eu să nu mai exist. Totuşi, deoarece eu accept minimizări non-unice ale funcţiilor de distanţă, din perspectiva mea ambele copii sunt eu însumi. Pentru noţiunea de „eu” folosită în acest capitol, noţiunea intuitivă de identitate personală coincide cu noţiunea lui Nozick, deoarece diversele ansambluri de particule pe care le-am numi în mod intuitiv, să zicem, „Brian Greene” de-a lungul vieţii mele, sunt într-adevăr continuatorii cei mai apropiaţi. Vezi Robert Nozick, *Philosophical Explanations* (Cambridge, MA: Belknap Press, 1983), 29-70.

46. O întrebare ce decurge din această discuţie este dacă trebuie să suportăm consecinţele unor comportamente pe care concetăţenii sau societatea le consideră inacceptabile. Filozofii au dezbătut îndelung întrebări aflate la intersecţia dintre liberul-arbitru, responsabilitatea morală şi rolul pedepsei. Problemele sunt complexe şi spinoase. Pe scurt, iată punctul meu de vedere: Din aceleaşi motive expuse în capitol, acţiunile noastre – bune sau rele – sunt responsabilitatea noastră, chiar şi în absenţa liberului-arbitru. Noi suntem particulele noastre, iar dacă particulele noastre au făcut ceva greşit, noi am făcut ceva greşit. Adevărata problemă, aşadar, este care trebuie să fie consecinţele? Lăsând deoparte faptul că nici consecinţele acţiunilor nu sunt liber-voite, se pune întrebarea dacă trebuie să fim pedepsiţi. Singurul răspuns care mi se pare coerent, sau mai bine zis singurul început de răspuns care mi se pare coerent, este că pedeapsa trebuie să se bazeze pe capacitatea sa de a proteja interesele societăţii, inclusiv descurajarea unor viitoare cazuri de comportament inacceptabil. Din nou, liberul-arbitru e compatibil cu învăţarea; Roomba învaţă, la fel şi oamenii. Experienţele de azi sunt legate cauzal de acţiunile de mâine. Prin urmare, dacă pedeapsa împiedică sau descurajează o persoană sau alta să comită în viitor acţiuni

inacceptabile, atunci prin pedeapsă am îndreptat societatea către un rezultat mai satisfăcător. Considerente similare sunt relevante pentru „cazurile test” deseori invocate în aceste discuţii, în care comportamente inacceptabile sunt datorate unor circumstanţe atenuante (tumori cerebrale, constrângere, schizofrenie, implanturi neurale controlate de extratereştri mârşavi etc.) care ar părea să-l exonereze pe făptaş de responsabilitate. Concluzia care decurge din cele de mai sus şi din capitol este că aceşti indivizi *sunt* responsabili pentru acţiunile lor. Particulele lor *au făcut* lucruri inacceptabile. Iar ei sunt particulele lor. Totuşi, în funcţie de detaliile precise ale fiecărei situaţii în parte, datorită circumstanţelor atenuante, s-ar putea ca pedeapsa să nu aibă nici un beneficiu. Dacă comportamentul inacceptabil s-a datorat unei tumori cerebrale, probabil că pedeapsa nu va descuraja un comportament similar provocat de circumstanţe similare în viitor. Iar dacă tumoarea poate fi eliminată, persoana în cauză nu va mai reprezenta o ameninţare, prin urmare pedeapsa nu va oferi societăţii o protecţie suplimentară. Pe scurt, pedeapsa trebuie să servească unui scop pragmatic.

6. Limbaj şi naraţiune

1. Alice Calaprice, ed., *The New Quotable*

Einstein (Princeton: Princeton University Press, 2005), 149.

2. Max Wertheimer, *Productive Thinking,* ed. adăugită (New York: Harper and Brothers, 1959), 228.
3. Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus* (New York: Harcourt, Brace & Company, 1922), 149.
4. Toni Morrison, discurs la decernarea Premiului Nobel, 7 decembrie 1993. https:// www.nobelprize.org/ prizes/ literature/ 1993/ morrison/ lecture/.
5. „Omul primordial, sau mai degrabă un precursor timpuriu al omului, probabil că şi-a folosit pentru prima oară vocea pentru a produce cadenţe muzicale autentice, adică pentru a cânta", spunea Darwin; şi adăuga: „Puterea aceasta a fost probabil exercitată mai ales în timpul curtării sexuale – pentru a exprima diverse emoţii, precum iubire, gelozie, triumf – şi va fi servit la provocarea rivalilor." Charles Darwin, *The Descent of Man* (New York: D. Appleton and Company, 1871), 56.
6. în numărul din aprilie 1869 al *Quarterly Review,* Wallace, referindu-se la forţele care pun în mişcare evoluţia – „legile variaţiei, multiplicării şi supravieţuirii" – susţinea că, aşa cum am observat în cadrul capitolului, „trebuie prin urmare să admitem posibilitatea că în dezvoltarea rasei umane o Inteligenţă Superioară a călăuzit aceleaşi legi către scopuri mai nobile". Alfred Russel Wallace, „Sir Charles Lyell on geological climates and

the origin of species", *Quarterly Review* 126 (1869): 359-394.
7. Joel S. Schwartz, „Darwin, Wallace, and the *Descent of Man", Journal of the History of Biology* 17, nr. 2 (1984): 271-289.
8. Charles Darwin, scrisoare către Alfred Russel Wallace, 27 martie 1869. https://www.darwinproject.ac.uk/letter/?dodd=letters/DCP-LETT-6684 .xml;query=child;brand=default.
9. Dorothy L. Cheney şi Robert M. Seyfarth, *How Monkeys See the World: Inside the Mind of Another Species* (Chicago: University of Chicago Press, 1992). O înregistrare a acestor strigăte de alarmă poate fi ascultată pe pagina de web a BBC: https://www.bbc.co.uk/sounds/play/p016dgwl.
10. Bertrand Russell, *Human Knowledge* (New York: Routledge, 2009), 57-58.
11. R. Berwick şi N. Chomsky, *Why Only Us?* (Cambridge, MA: MIT Press, 2015). Deşi unii s- au întrebat dacă necesitatea acestei teorii pentru o schimbare biologică relativ rapidă nu intră în conflict cu modul cum înţelegem evoluţia, Chomsky a susţinut că ea se încadrează perfect în perspectiva neodarwinistă modernă care acceptă episoade biologice, precum formarea ochiului, care se abat de la concepţia tradiţională că întreaga evoluţie decurge lent şi treptat.
12. S. Pinker şi P. Bloom, „Natural language and natural selection", *Behavioral and*

Brain Sciences 13, nr. 4 (1990): 707-784; Steven Pinker, *The Language Instinct* (New York: W. Morrow and Co., 1994); Steven Pinker, „Language as an adaptation to the cognitive niche”, în *Language Evolution: States of the Art,* ed. S. Kirby şi M. Christiansen (New York: Oxford University Press, 2003), 16-37.

13. De exemplu, lingvistul şi psihologul Michael Tomasello observa: „Cu siguranţă, toate limbile lumii au lucruri în comun [...]. Dar aceste trăsături comune nu provin din vreo gramatică universală, ci din aspecte universale ale cogniţiei umane, interacţiunii sociale şi procesării informaţiei – dintre care multe existau în fiinţele * * umane mult înainte să fi apărut ceva asemănător limbajelor moderne.” Michael Tomasello, „Universal Grammar Is Dead”, *Behavioral and Brain Sciences* 32, nr. 5 (octombrie 2009): 470- 471.
14. Simon E. Fisher, Faraneh Vargha-Khadem, Kate E. Watkins, Anthony P. Monaco şi Marcus E. Pembrey, „Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder”, *Nature Genetics* 18 (1998): 168-70. C.S.L. Lai *et al.,* „A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder”, *Nature* 413 (2001): 519-523.
15. Johannes Krause, Carles Lalueza-Fox, Ludovic Orlando *et aL,* „The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals”, *Current*

Biology 17 (2007): 1908-1912.
16. Fernando L. Mendez *et aL,* „The Divergence of Neandertal and Modern Human Y Chromosomes”, *American Journal of Human Genetics* 98, nr. 4 (2016): 728-734.
17. Guy Deutscher, *The Unfolding of Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention* (New York: Henry Holt and Company, 2005), 15.
18. Dean Falk, „Prelinguistic evolution in early hominins: Whence motherese?” *Behavioral and Brain Sciences T1* (2004): 491-541; Dean Falk, *Finding Our Tongues: Mothers, Infants and the Origins of Language* (New York: Basic Books, 2009).
19. R.I.M. Dunbar, „Gossip in Evolutionary Perspective”, *Review of General Psychology* 8, nr. 2 (2004): 100-110; Robin Dunbar, *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1997).
20. N. Emler, „The Truth About Gossip”, *Social Psychology Section Newsletter* 27 (1992): 23-37; R.I.M. Dunbar, N.D.C. Duncan şi A. Marriott, „Human Conversational Behavior”, *Human Nature* 8, nr. 3 (1997): 231-246.
21. Daniel Dor, *The Instruction of Imagination* (Oxford: Oxford University Press, 2015).
22. Pentru rolul focului şi al gătitului hranei, vezi Richard Wrangha, *Catching Fire: How Cooking Made Us Human* (New

York: Basic Books; 2009); pentru îngrijirea în comun a copiilor, vezi Sarah Hrdy, *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2009); pentru învăţare şi cooperare, vezi Kim Sterelny, *The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique* (Cambridge, MA: MIT Press, 2012).

23. R. Berwick şi N. Chomsky, *Why Only Us?* (Cambridge, MA: MIT Press, 2015), capitolul 2.
24. David Damrosch, *The Buried Book: The Loss and Rediscovery of the Great Epic of Gilgamesh* (New York: Henry Holt and Company, 2007).
25. Andrew George, trad., *The Epic of Gilgamesh: The Babylonian Epic Poem and Other Texts in Akkadian and Sumerian* (London: Penguin Classics, 2003).
26. Pentru o introducere în perspectiva şi principiile psihologiei evoluţioniste, vezi John Tooby şi Leda Cosmides, „The Psychological Foundations of Culture”, în *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture,* ed. Jerome H. Barkow, Leda Cosmides şi John Tooby (Oxford: Oxford University Press, 1992), 19-136; David Buss, *Evolutionary Psychology: The New Science of the Mind* (Boston: Allyn & Bacon, 2012).
27. S.J. Gould and R.C. Lewontin, „The Spandrels of San Marco and the

Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme", *Proceedings of the Royal Society B* 205, nr. 1161 (21 septembrie 1979): 581-598.

28. Steven Pinker, *How the Mind Works* (New York: W. W. Norton, 1997), 530; Brian Boyd, *On the Origin of Stories* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2010); Brian Boyd, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction", *WIREs Cognitive Science* 9 (2018): el444.
29. Patrick Colm Hogan, *The Mind and Its Stories* (Cambridge: Cambridge University Press, 2003); Lisa Zunshine, *Why We Read Fiction: Theory of Mind and the Novel* (Columbus: Ohio State University Press, 2006).
30. Jonathan Gottschall, *The Storytelling Animal* (Boston and New York: Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, 2013), 63.
31. Keith Oatley, „Why fiction may be twice as true as fact", *Review of General Psychology* 3 (1999): 101-117.
32. Pentru o expunere pasionantă a lucrării lui Jouvet, vezi Barbara E. Jones, „The mysteries of sleep and waking unveiled by Michel Jouvet", *Sleep Medicine* 49 (2018): 14-19; Isabelle Arnulf, Colette Buda şi Jean-Pierre Sastre, „Michel Jouvet: An explorer of dreams and a great storyteller", *Sleep Medicine* 49 (2018): 4-9.
33. Kenway Louie şi Matthew A. Wilson,

„Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity During Rapid Eye Movement Sleep”, *Neuron* 29 (2001): 145- 156.

34. Naraţiunile stranii pe care le asociem adesea cu visele – încălcarea legilor fizicii, a succesiunii logice şi a coerenţei interne – ar putea sugera că actul visării e puţin relevant pentru întâmplările din lumea reală. Totuşi, e posibil ca asemenea vise bizare să aibă o pondere mult mai redusă decât sugerează evaluările anecdotice, şi o fracţiune semnificativă a viselor să aibă un

*

conţinut realist. Antti Revonsuo, Jarno Tuominen şi Katja Valii, „The Avatars in the Machine- Dreaming as a Simulation of Social Reality”, *Open MIND* (2015): l-28; Serena Scarpelli, Chiara Bartolacci, Aurora D’Atri *et al.,* „The Functional Role of Dreaming in Emotional Processes”, *Frontiers in Psychology* 10 (martie 2019): 459.

35. Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World* (New York: Free Press, 1953), 10.

36. Joyce Carol Oates, „Literature as Pleasure, Pleasure as Literature”, *Narrative.* https://www.narrativemagazine.com/issues/stories- week-2015-2016/story-week/literature-pleasure- pleasure-literature-joyce-carol-oates.

37. Jerome Bruner, „The Narrative Construction of Reality”, *Critical Inquiry*

18, nr. 1 (toamna 1991): l-21.

38. Jerome Bruner, *Making Stories: Law, Literature, Life* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002), 16.
39. Brian Boyd, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction”, *WIREs Cognitive Science* 9 (2018): 7-8, el444.
40. John Tooby §i Leda Cosmides, „Does Beauty Build Adapted Minds? Toward an Evolutionary Theory of Aesthetics, Fiction and the Arts”, *Substance* 30, 1/2, numarul 94/95 (2001): 6-27.
41. Ernest Becker, *The Denial of Death* (New York: Free Press, 1973), 97.
42. Joseph Campbell, *The Hero with a Thousand Faces* (Novato, CA: New World Library, 2008), 23.
43. Michael Witzel, *The Origins of the World's Mythologies* (New York: Oxford University Press, 2012).
44. Karen Armstrong, A *Short History of Myth* (Melbourne: The Text Publishing Company, 2005), 3.
45. Marguerite Yourcenar, *Oriental Tales* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 1985).
46. Scott Leonard §i Michael McClure, *Myth and Knowing* (New York: McGraw-Hill Higher Education, 2004), 283-301.
47. Michael Witzel, *The Origins of the World's Mythologies* (New York: Oxford University Press, 2012), 79.
48. Dan Sperber, *Rethinking Symbolism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1975); Dan Sperber, *Explaining Culture: A*

Naturalistic Approach (Oxford: Blackwell Publishers Ltd., 1996).

49. Pascal Boyer, „Functional Origins of Religious Concepts: Ontological and Strategic Selection in Evolved Minds”, *Journal of the Royal Anthropological Institute* 6, nr. 2 (iunie 2000): 195-214. Vezi şi M. Zuckerman, „Sensation seeking: A comparative approach to a human trait”, *Behavioral and Brain Sciences* 7 (1984): 413-471.
50. Bertrand Russell a subliniat rolul limbajului în încurajarea gândirii, observând că „limbajul serveşte nu doar pentru exprimarea gândurilor, ci şi pentru a face posibile gânduri care în lipsa lui n-ar putea exista” (Bertrand Russell, *Human Knowledge* [New York: Routledge, 2009], 58). El a arătat că anumite „gânduri suficient de elaborate” necesită cuvinte, iar ca exemplu observă aparenta imposibilitate ca, fără limbaj, să putem avea „un gând care să corespundă cât de cât conţinutului propoziţiei «raportul dintre circumferinţa unui cerc şi diametrul său este aproximativ 3,14159»„. Constructe mai puţin precise, dar aflate dincolo de limitele experienţei, precum arbori vorbitori, nori care plâng sau pietricele fericite, se pretează şi la încarnări fără cuvinte în mintea omenească, dar natura combinatorie şi ierarhică a limbajului e în mod special adecvată pentru crearea lor. Daniel Dennett a subliniat rolul limbajului în

capacitatea umană de a inventa uniuni de însuşiri care în mod individual există în realitate, dar în combinaţie ne duc pe tărâmul fantasticului. (Daniel Dennett, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon* [New York: Penguin Publishing Group, 2006], 121). Aşa cum vom vedea în capitolul 8, anumite tipuri de artă sunt deosebit de eficiente în a facilita fluxul ideilor în sens opus: de la gânduri articulate în cuvinte spre sentimente existenţiale care nu au nevoie de limbaj.

51. Justin L. Barrett, *Why Would Anyone Believe in God?* (Lanham, MD: AltaMira, 2004); Stewart Guthrie, *Faces in the Clouds: A New Theory of Religion* (New York: Oxford University Press, 1993).

7. Creierul şi credinţa

1. Săpăturile la Qafzeh au început în 1934, la iniţiativa arheologului francez René Neuville, şi au fost continuate de o echipă condusă de antropologul Bernard Vandermeersch. Amenajarea mormintelor de la Qafzeh 11, spunea Vandermeersch, „atestă o ofrandă funerară şi nu o încorporare accidentală. Toate aceste observaţii susţin cu ţările interpretarea unei înmormântări ceremoniale, deliberate”. Vezi Hélène Coqueugniot *et al.,* „Earliest cranio-encephalic trauma from the Levantine Middle Palaeolithic: 3D reappraisal of the Qafzeh 11 skull, consequences of pediatric brain damage on individual life condition and social

care”, *PloS One* 9 (23 iulie 2014): 7 el02822.

2. Erik Trinkaus, Alexandra Buzhilova, Maria Mednikova şi Maria Dobrovolskaya, *The People of Sunghir: Burials, Bodies and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic* (New York: Oxford University Press, 2014).
3. Edward Burnett Tylor, *Primitive Culture,* vol. 2 (London: John Murray 1873; Dover Reprint Edition, 2016), 24.
4. Mathias Georg Guenther, *Tricksters and Trancers: Bushman Religion and Society*

   (Bloomington, IN: Indiana University Press, 1999), 180-198.
5. Peter J. Ucko şi Andrée Rosenfeld, *Paleolithic Cave Art* (New York: McGraw-Hill, 1967), 117- 123, 165-174.
6. David Lewis-Williams, *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art* (New York: Thames & Hudson, 2002), 11. Deşi multe lucrări au fost create pe suprafeţe mai accesibile, existenţa unui număr substanţial care au prezentat mari dificultăţi de execuţie face ca perspectiva aceasta să fie relevantă.
7. Salomon Reinach, *Cults, Myths and Religions,* trad. Elizabeth Frost (London: David Nutt, 1912), 124-138.
8. Ipoteza aceasta a fost acceptată pe scară largă, dar ulterior descoperirea unei nepotriviri între animalele ale căror oase au fost dezgropate în vecinătatea peşterilor şi cele reprezentate pe pereţii aceloraşi peşteri a stârnit dubii. Dacă vrei să ai ceva mai mult noroc la vânătoarea

de bizoni, vei picta un bizon. Sau cel puţin aşa s-ar crede. Dar datele nu confirmă această aşteptare. Vezi Jean Clottes, *What Is Paleolithic Art? Cave Paintings and the Dawn of Human Creativity* (Chicago: University of Chicago Press, 2016).

9. Benjamin Smith, comunicare personală, 13 martie 2019.
10. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 2.
11. Pentru o discuţie detaliată vezi, de exemplu, *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture,* Jerome H. Barkow, Leda Cosmides şi John Tooby, ed. (Oxford: Oxford University Press, 1992); David Buss, *Evolutionary Psychology: The New Science of Mind* (Boston: Allyn & Bacon, 2012).
12. Pentru alte contribuţii accesibile la ştiinţa cognitivă a religiei, vezi, de exemplu, Justin L. Barrett, *Why Would Anyone Believe in God?* (Lanham, MD: AltaMira Press, 2004); Scott Atran, *În Gods We Trust: The Evolutionary Landscape of Religion* (Oxford: Oxford University Press, 2002); Todd Tremlin, *Minds and Gods: The Cognitive Foundations of Religion* (Oxford: Oxford University Press, 2006).
13. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 46-47; Daniel Dennett, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon* (New York: Penguin Books, 2006), 122-123;

Richard Dawkins, *The God Delusion* (New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2006), 230-233.

14. Prezentată pentru prima oară de Darwin, selecţia pe bază de înrudire (sau valoarea selectivă inclusivă) a fost dezvoltată în R.A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection* (Oxford: Clarendon Press, 1930); J.B.S. Haldane, *The Causes of Evolution* (London: Longmans, Green & Co., 1932); şi W.D. Hamilton, „The Genetical Evolution of Social Behaviour”, *Journal of Theoretical Biology* 7, nr. 1 (1964): l-16. Mai recent, utilitatea valorii selective inclusive pentru înţelegerea dezvoltării evolutive a fost contestată în M.A. Nowak, C.E. Tamita şi E.O. Wilson, „The evolution of eusociality”, *Nature* 466 (2010): 1057-1062, cu o reacţie critică semnată de 136 de cercetători: P. Abbot, J. Abe, J. Alcock *et al.,* „Inclusive fitness theory and eusociality”,
Nature 471 (2010): E1-E4.

15. David Sloan Wilson, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others* (New Haven: Yale University Press, 2015); David Sloan Wilson, *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society* (Chicago: University of Chicago Press, 2002).

16. Pentru un exemplu, vezi Steven Pinker în „The
Believing Brain”, World Science Festival public program, New York City, Gerald Lynch Theatre, 2 iunie

2018, https://www.worldsciencefestival.com/videos/believi brain-evolution-neuroscience-spiritual- instinct/46:50-49:16.

17. Charles Darwin, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (New York: D. Appleton and Company, 1871), 84. Kindle. Comentariul lui Darwin înclină în direcţia unei dezbateri îndelungate în cadrul teoriei evoluţioniste asupra procesului *selecţiei de grup.* Teoria evoluţionistă standard se bazează pe selecţia naturală care operează asupra organismelor individuale: organismele mai apte pentru supravieţuire şi reproducere îşi vor transmite cu mai mult succes materialul genetic unor indivizi ulteriori. Selecţia de grup e un tip similar de selecţie, dar care acţionează asupra unor întregi grupuri: grupurile mai apte pentru supravieţuire (ca întregi grupuri de indivizi) şi reproducere (în sensul înmulţirii numerice şi al desprinderii de noi grupuri) îşi vor transmite cu mai mult succes trăsăturile dominante unor grupuri ulterioare. (Comentariul lui Darwin se concentrează asupra cooperării indivizilor pentru a contribui la succesul grupului, manifestat prin creşterea populaţiei grupului, iar nu prin producerea unui număr mai mare de grupuri similare, dar se bazează tot pe interacţiunea fundamentală dintre comportamentele benefice pentru individ şi cele benefice pentru grup.) Nu există nici o

controversă dacă selecţia de grup poate avea loc în principiu. Controversa e dacă ea are loc în practică. Este o chestiune de timp: opinia generală este că intervalul de timp tipic în care un individ se va reproduce sau va muri e mult mai scurt decât intervalele de timp corespunzătoare în care un grup se va divide sau – se va dizolva. Iar dacă aşa stau lucrurile, după cum susţin criticii selecţiei de grup, aceasta e prea lentă pentru a conta. Ca răspuns, David Sloan Wilson, un vechi susţinător al selecţiei de grup (într-o formă şi mai generală numită *selecţie multinivel),* a arătat că mare parte a dezbaterii se reduce la metode de numărare diferite, dar în ultimă instanţă echivalente (diferite moduri de partiţionare a întregii populaţii) şi ca atare e mai puţin litigioasă decât sugerează actualele dezacorduri (vezi David Sloan Wilson, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others* [New Haven: Yale University Press, 2015], 31-46).

18. Importanţa bazei emoţionale pentru angajamentul religios este examinată în R. Sosis, „Religion and intra-group cooperation: Preliminary results of a comparative analysis of utopian communities”, *Cross-Cultural Research* 34 (2000): 70-87; R. Sosis şi C. Alcorta, „Signaling, solidarity, and the sacred: The evolution of religious behavior”, *Evolutionary Anthropology* 12 (2003): 264-274.
19. Robert Axelrod şi William D. Hamilton, „The Evolution of Cooperation”, *Science*

211 (martie 1981): 1390-1396; Robert Axelrod, *The Evolution of Cooperation,* rev. ed. (New York: Perseus Books Group, 2006).

20. Jesse Bering, *The Belief Instinct* (New York: W.W. Norton, 2011).
21. Sheldon Solomon, Jeff Greenberg şi Tom Pyszczynski, *The Worm at the Core: On the Role of Death in Life* (New York: Random House Publishing Group, 2015), 122.
22. Abram Rosenblatt, Jeff Greenberg, Sheldon Solomon *et al.,* „Evidence for Terror Management Theory I: The Effects of Mortality Salience on Reactions to Those Who Violate or Uphold Cultural Values”, *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (1989): 681-690. Pentru o recenzie, vezi Sheldon Solomon, Jeff Greenberg şi Tom Pyszczynski, „Tales from the Crypt: On the Role of Death in Life”, *Zygon* 33, nr. 1 (1998): 9-43.
23. Tom Pyszczynski, Sheldon Solomon şi Jeff Greenberg, „Thirty Years of Terror Management Theory”, *Advances in Experimental Social Psychology* 52 (2015): l-70.
24. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 20.
25. William James, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature* (New York: Longmans, Green, and Co., 1905), 485.
26. Stephen Jay Gould, *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould* (New

York: W.W. Norton, 2006), 232-233.

27. Stephen J. Gould, în *Conversations About the End of Time* (New York: Fromm International, 1999). Pentru un studiu privind impactul conştiinţei mortalităţii asupra credinţei în entităţi supranaturale, vezi, de exemplu, A. Norenzayan şi LG. Hansen, „Belief in supernatural agents in the face of death”, *Personality and Social Psychology Bulletin* 32 (2006): 174-187.
28. Karl Jaspers, *The Origin and Goal of History* (Abingdon, UK: Routledge, 2010), 2.
29. Wendy Doniger, trad., *The Rig Veda* (New York: Penguin Classics, 2005), 25-26.
30. Sanctitatea Sa Dalai Lama, Houston, Texas, 21 septembrie 2005. Deşi nu am reuşit să găsesc o transcriere a conversaţiei, aceasta e cel puţin o parafrază apropiată a răspunsului său.
31. La fel ca în cazul rădăcinilor istorice ale tuturor marilor religii, există dezbateri erudite privind data exactă când au fost scrise diverse texte, când au dobândit forma canonică etc. Datele pe care le-am citat sunt compatibile cu unele opinii savante, dar întrucât nu există un consens universal, ele trebuie privite doar cu caracter orientativ.
32. David Buss, *Evolutionary Psychology: The New Science of Mind* (Boston: Allyn & Bacon, 2012), 90-95, 205-206, 405-409.
33. Pentru o discuţie aprofundată, accesibilă şi animată despre credinţa umană şi diverşii factori care o influenţează, vezi

Michael Shermer, *The Believing Brain: From Ghosts and Gods to Politics and Conspiracies* (New York: St. Martin's Griffin, 2011). Deşi influenţa pe care o poate avea emoţia asupra credinţei pare evidentă, până de curând studiile academice au tins să accentueze influenţa credinţei asupra emoţiei, aspect subliniat în N. Frijda, A.S.R. Manstead şi S.Bem, „The influence of emotions on belief", în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bern (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), l-9. Un studiu despre impactul emoţiei asupra stabilirii credinţelor în contexte în care anterior nu existaseră deloc, precum şi despre influenţa emoţiei asupra acceptului de schimbare a credinţelor este descris în N. Frijda şi B. Mesquita, „Beliefs through emotions", în *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead şi S. Bern (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), 45-77.

34. Pascal Boyer, *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* (New York: Basic Books, 2007), 303.
35. Karen Armstrong, *A Short History of Myth* (Melbourne: The Text Publishing Company, 2005), 57.
36. Ibid.
37. Guy Deutscher, *The Unfolding of*

Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention (New York: Heniy Holt and Company, 2005).

38. William James, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature* (New York: Longmans, Green and Co., 1905), 498.
39. Ibid., 506-507.

8. Instinct şi creativitate

1. Howard Chandler Robbins Landon, *Beethoven: A Documentary Study* (New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1970), 181.
2. Friedrich Nietzsche, *Twilight of the Idols,* trad. Duncan Large (Oxford: Oxford University Press, 1998, reeditare 2008), 9.
3. George Bernard Shaw, *Back to Methuselah* (Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012), 277.
4. David Sheff, „Keith Haring, An Intimate Conversation”, *Rolling Stone* 589 (august 1989):
   47.
5. Josephine C.A. Joordens *et al., „Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving”, *Nature* 518 (12 februarie 2015): 228-231.
6. Mai precis, ceea ce contează este ca genele să fie transmise generaţiei următoare; acest scop poate fi realizat având descendenţi proprii sau făcând ca alţi indivizi, cu care avem în comun o parte substanţială a genelor, să aibă

descendenţi.

7. Ritualurile de curtare ale păsărilor manakin sunt descrise cu lux de amănunte în Richard Prum, *The Evolution of Beauty: How Darwin's Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us* (New York: Doubleday, 2017), 1544-1545, Kindle. Sclipirile licuricilor şi alegerea perechii sunt examinate în S.M. Lewis şi C.K. Cratsley, „Flash signal evolution, mate choice, and predation in fireflies”, *Annual Review of Entomology* 53 (2008): 293-321. Construcţiile păsării grădinar sunt descrise şi ilustrate în Peter Rowland, *Bowerbirds* (Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 2008), mai ales paginile 40- 47.
8. Opoziţia faţă de selecţia sexuală s-a datorat în parte şi faptului că puterea selectivă era cedată unor femele pretenţioase, idee care le repugna biologilor victorieni, aproape toţi bărbaţi. Vezi, de pildă, H. Cronin, *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today* (Cambridge: Cambridge University Press, 1991). Să observăm şi că există exemple de specii în care rolul de alegător revine masculului, precum şi specii în care acest rol e împărţit între masculi şi femele.
9. Charles Darwin, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex,* ill. ed. (New York: D. Appleton and Company, 1871), 59.
10. Wallace a oferit alte explicaţii pentru

ornamentele corporale ale masculilor, cum ar fi un exces de „vigoare” al masculilor, care, în lipsa altui debuşeu, se manifestă sub forma culorilor vii, a cozilor lungi, a strigătelor prelungite etc. El a susţinut şi că ornamentele corporale atrăgătoare sunt în mod necesar corelate cu sănătatea şi robusteţea, şi ca atare oferă indicii externe ale eficienţei biologice, făcând din selecţia sexuală doar un caz particular al selecţiei naturale. Vezi Alfred Russel Wallace, *Natural Selection and Tropical Nature* (London: Macmillan and Co., 1891). Ornitologul Richard Prum susţine că cercetătorii au neglijat în mod nejustificat sensibilităţile estetice în favoarea unor explicaţii adaptive, poziţie controversată pe care o expune în *The Evolution of Beauty: How Darwin's Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us* (New York: Doubleday, 2017).

11. Asimetria dintre masculi şi femele în arena strategiei reproductive a fost studiată şi clarificată de Robert Trivers în „Parental Investment and Sexual Selection”, în *Sexual Selection and the Descent of Man: The Darwinian Pivot,* ed. Bernard G. Campbell (Chicago: Aldine Publishing Company, 1972), 136-179.
12. Geoffrey Miller, *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature* (New York: Anchor, 2000); Denis Dutton, *The Art Instinct* (New York: Bloomsbury Press, 2010). Perspectiva este strâns legată de o propunere

anterioară a lui Amotz Zahavi, *principiul handicapului,* potrivit căreia unele animale îşi anunţă aptitudinea prin etalarea unei aparente risipe care poate lua forma unor părţi ale corpului sau comportamente extravagante. Un păun care-şi poate permite să care după el o coadă frumoasă, dar incomodă, îşi asigură potenţialele partenere de forţa şi aptitudinea lui, deoarece semenii lui mai slabi n-ar supravieţui cu o asemenea podoabă excesivă, care periclitează supravieţuirea. Ideea este deci că primii artişti umani au transformat irelevanţa adaptivă a artei lor într-o etalare publică analoagă de forţă şi aptitudine, sporind şansele de reproducere şi transmiţând astfel mai departe tendinţa de a folosi arta ca mijloc pentru atragerea perechilor. Vezi Amotz Zahavi, „Mate selection – A selection for a handicap", *Journal of Theoretical Biology* 53, nr. 1 (1975): 205-214.

13. Brian Boyd, „Evolutionary Theories of Art", în *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative,* ed. Jonathan Gottschall şi David Sloan Wilson (Evanston, IL: Northwestern University Press, 2005), 147.

Criticile aduse selecţiei sexuale ca explicaţie a activităţii artistice umane menţionate în acest

paragraf[*,] au fost expuse în mai multe lucrări. Iată câteva mostre: Dacă selecţia sexuală e explicaţia artelor, nu ar fi de aşteptat ca arta să fie o îndeletnicire

predominant masculină perfect reglată pentru acces sexual, altfel spus, o activitate practicată cel mai viguros de bărbaţi aflaţi la apogeul impulsului reproductiv şi adresată exclusiv unor potenţiale partenere feminine? (Brian Boyd, *On the Origin of Stories* [Cambridge: Belknap Press, 2010], 76; Ellen Dissanayake, *Art and Intimacy* [Seattle: University of Washington Press, 2000], 136.) Inteligenţa şi creativitatea nu sunt neapărat indicii ai aptitudinii fizice – combinaţia dintre slăbiciunea fizică şi talentul creator nu e neobişnuită. (James R. Roney, „Likeable but Unlikely, a Review of the Mating Mind by Geoffrey Miller”, *Psycoloquy* 13, nr. 10, 2002, articolul 5.) Există vreo dovadă că incursiunile artistice ale bărbaţilor sunt o mai bună reclamă

*

pentru aptitudine decât alte activităţi, de pildă afişarea relaţiilor sociale, etalarea bogăţiei, câştigarea competiţiilor sportive etc.? (Stephen Davies, *The Artful Species: Aesthetics, Art, and Evolution* [Oxford: Oxford University Press, 2012], 125.)

14. Steven Pinker, *How the Mind Works* (New York: W.W. Norton, 1997), 525.
15. Ellen Dissanayake, *Art and Intimacy: How the Arts Began* (Seattle: University of Washington Press, 2000), 94.
16. Noël Carroll, „The Arts, Emotion, and Evolution”, în *Aesthetics and the Sciences of Mind,* ed. Greg Currie, Matthew Kieran, Aaron Meskin şi Jon Robson (Oxford: Oxford University Press, 2014).

17. Glenn Gould în *The Glenn Gould Reader,* ed. Tim Page (New York: Vintage Books, 1984), 240.
18. Brian Boyd, *On the Origin of Stories* (Cambridge, MA: Belknap Press, 2010), 125.
19. Jane Hirshfield, *Nine Gates: Entering the Mind of Poetry* (New York: Harper Perennial, 1998), 18.
20. Saul Bellow, discurs la decernarea Premiului Nobel, 12 decembrie 1976, din *Nobel Lectures, Literature 1968-1980,* ed. Sture Allén (Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993).
21. Joseph Conrad, *The Nigger of the „Narcissus”* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999), vi.
22. Yip Harburg, „Yip at the 92nd Street YM-YWHA, December 13, 1970”, transcriere l-10-3, p. 3, benzile 7-2-10 şi 7-2-20.
23. Yip Harburg, „E.Y Harburg, Lecture at UCLA on Lyric Writing, February 3, 1977”, transcriere, pp. 5-7, banda 7-3-10.
24. Marcel Proust, *Remembrance of Things Past,* vol. 3: *The Captive, The Fugitive, Time Regained* (New York: Vintage, 1982), 260, 931.
25. Ibid., 260.
26. George Bernard Shaw, *Back to Methuselah* (Scotts Valley, CA: Create Space Independent Publishing Platform, 2012), 278.
27. Ellen Greene, „Sappho 58: Philosophical Reflections on Death and Aging”, in *The New Sappho on Old Age: Textual and Philosophical Issues,* ed. Ellen Greene şi

Marilyn B. Skinner, Hellenic Studies Series 38 (Washington, DC: Center for Hellenic Studies, 2009); Ellen Greene, ed., *Reading Sappho: Contemporary Approaches* (Berkeley: University of California Press, 1996).

28. Joseph Wood Krutch, „Art, Magic, and Eternity”, *Virginia Quarterly Review* 8, nr. 4, (toamna 1932); https://www.vqronline.org/essay/art-magic-and-eternity.
29. Ca o altă perspectivă, unii autori au sugerat că teama de moarte şi impactul aferent manifestat prin negarea morţii, aşa cum au fost descrise de Ernest Becker, sunt influenţe moderne, stimulate în mare parte de creşterea longevităţii şi declinul religiei. Vezi, de exemplu, Philippe Aries, *The Hour of Our Death,* trad. Helen Weaver (New York: Alfred A. Knopf, 1981).
30. W.B. Yeats, *Collected Poems* (New York: Macmillan Collector’s Library Books, 2016), 267.
31. Herman Melville, *Moby-Dick* (Hertfordshire, UK: Wordsworth Classics, 1993) 235.
32. Edgar Allan Poe, citat în J. Gerald Kennedy, *Poe, Death, and the Life of Writing* (New Haven: Yale University Press, 1987), 48.
33. Tennessee Williams, *Cat on a Hot Tin Roof* (New York: New American Library, 1955), 67- 68.
34. Fyodor Dostoevsky, *Crime and Punishment,* trad. Michael R. Katz (New

York: Liveright, 2017), 318.

35. Sylvia Plath, *The Collected Poems,* ed. Ted Hughes (New York: Harper Perennial, 1992), 255.
36. Douglas Adams, *Life, the Universe and Everything* (New York: Del Rey, 2005), 4-5.
37. Pablo Casals, din Festivalul Bach: Prades 1950, citat în Paul Elie, *Reinventing Bach* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2012), 447.
38. Joseph Conrad, *The Nigger of the „Narcissus”* (Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999), vi.
39. Helen Keller, scrisoare către New York Symphony Orchestra, 2 februarie 1924, arhivele digitale ale F oundaţiei Americane pentru Ne văzători, fişierul HK01 - 07_B114_F08_015_002.tif.

9. Durată şi nepermanenţă

1. Unii gânditori proeminenţi au sugerat că evoluţia umană s-a încheiat. De exemplu, Stephen Jay Gould a observat că, din punct de vedere biologic, oamenii de azi sunt practic identici cu cei care au trăit în urmă cu cincizeci de mii de ani (Stephen Jay Gould, „The spice of life”, *Leader to Leader* 15 [2000]: 14-19). Alţi cercetători, studiind genomul uman, au susţinut că, dimpotrivă, ritmul evoluţiei umane se accelerează (vezi, de exemplu, John Hawks, Eric T. Wang, Gregory M. Cochran *et al.,* „Recent acceleration of human adaptive evolution”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104,

nr. 52 [decembrie 2007]: 20753-58; Wenqing Fu, Timothy D. O'Connor, Goo Jun *et al.,* „Analysis of 6,515 exomes reveals the recent origin of most human protein-coding variants", *Nature* 493 [10 ianuarie 2013]: 216-220). Studii efectuate asupra unor diverse populaţii au oferit dovezi despre o evoluţie genetică relativ recentă. Exemplele includ statura bărbaţilor olandezi, a cărei creştere medie excepţională s-ar putea să reflecte efectele selecţiei sexuale şi naturale (Gert Stulp, Louise Barrett, Felix C. Tropf şi Melinda Mill, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?", *Proceedings of the Royal Society B* 282, nr. 1806 [7 mai 2015]: 20150211), şi adaptările la medii situate la mare altitudine (Abigail Bigham *et al.,* „Identifying signatures of natural selection in Tibetan and Andean populations using dense genome scan data", *PLoS Genetics* 6, nr. 9 [9 septembrie 2010]: el001116).

2. Choongwon Jeong şi Anna Di Rienzo, „Adaptations to local environments in modern human populations", *Current Opinion in Genetics & Development* 29 (2014), l-8; Gert Stulp, Louise Barrett, Felix C. Tropf şi Melinda Mill, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?", *Proceedings of the Royal Society B* 282, nr. 1806 (7 mai 2015): 20150211 (vezi şi nota 1, mai sus).
3. O examinare circumspectă a acestei

presupuneri e oferită de Steven Carlip, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann's Brains", *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001. O variantă posibilă pe care o vom lua în considerare este că valoarea energiei întunecate s- ar putea schimba. Aşa cum vom vedea în cadrul capitolului, abia la sfârşitul anilor 1990 observaţiile astronomice au convins comunitatea fizicienilor că eliminarea de către Einstein a constantei cosmologice în 1931 („Afară cu termenul cosmologic! „) a fost prematură.

Prematură a fost şi etichetarea termenului cosmologic drept o „constantă". E posibil ca valoarea termenului cosmologic al lui Einstein să varieze în timp – posibilitate care, aşa cum vom vedea, are implicaţii profunde pentru viitor.

4. Pentru o altă perspectivă asupra viitorului inteligenţei, vezi David Deutsch, *The Beginning of Infinity* (New York: Viking, 2011).
5. Escatologia fizică, fizica viitorului îndepărtat, s-a bucurat de mai puţină atenţie decât fizica trecutului îndepărtat. Există totuşi numeroase studii. O listă cuprinzătoare de referinţe e conţinută în Milan M. Cirkovic, „Resource Letter: PEs-l, Physical Eschatology", *American Journal of Physics 71* (2003): 122. în discuţia care urmează, articolul lui

Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe”, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447-60, a avut o influenţă deosebită, la fel şi articolul lui Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects”, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337-372, care dezvoltă în continuare subiectul, incluzând rezultate noi privind dinamica planetară, stelară şi galactică, discutate şi în excelenta lor carte de popularizare *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999). Subiectul îşi datorează originile moderne articolului lui M.J. Rees, „The collapse of the universe: An eschatological study”, *Observatory* 89 (1969): 193-198, precum şi articolului lui Jamal N. Islam, „Possible Ultimate Fate of the Universe”, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 18 (martie 1977): 3- 8.

6. L-J. Sackmann, A.L Boothroyd şi K.E. Kraemer, „Our Sun. III. Present and Future”, *Astrophysical Journal* 418 (1993): 457; Klaus-Peter Schroder şi Robert C. Smith, „Distant future of the Sun and Earth revisited”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, nr. 1 (2008): 155-163.
7. Cititorul specialist va observa că principiul de excluziune al lui Pauli a jucat deja un rol în evoluţia Soarelui. înainte să fi început fuziunea heliului în miezul Soarelui, densitatea a fost suficient de

mare pentru ca presiunea de degenerare a electronilor rezultată din principiul de excluziune să devină relevantă. Într-adevăr, „erupţia spectaculoasă şi momentană” despre care am spus că marchează tranziţia către fuziunea heliului apare datorită proprietăţilor speciale ale gazului electronic degenerat din centrul Soarelui (gazul nu se dilată şi nu se răceşte ca reacţie la căldura generată de începutul fuziunii heliului, ducând la o reacţie nucleară colosală, cam ca la o bombă cu heliu).

8. Alan Lindsay Mackay, *The Harvest of a Quiet Eye: A Selection of Scientific Quotations* (Bristol, UK: Institute of Physics, 1977): 117.
9. Rolul esenţial al principiului de excluziune al lui Pauli în structura piticelor albe a fost recunoscut prima oară în R.H. Fowler, „On Dense Matter”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 87, nr. 2 (1926): 114-22. Importanţa includerii efectelor relativiste a fost recunoscută în Subrahmanyan Chandrasekhar, „The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs”, *Astrophysical Journal* 74 (1931): 81-82. Rezultatul, cunoscut ca limita Chandrasekhar, arată că contracţia oricărei stele cu o masă mai mică decât aproximativ 1,4 mase solare va fi oprită în mod similar de rezistenţa datorată principiului de excluziune al lui Pauli. Lucrări ulterioare au dezvăluit că în cazul unor stele mai masive forţa contracţiei stelare poate obliga electronii

să se combine cu protonii, formând neutroni. Procesul permite ca steaua să se contracte în continuare, dar la un moment dat neutronii vor fi atât de strâns împachetaţi, încât principiul de excluziune al lui Pauli devine din nou relevant, oprind încă o dată contracţia. Rezultatul e o stea neutronică.

10. Deşi în medie distanţele dintre galaxii cresc, unele galaxii sunt suficient de apropiate pentru ca atracţia gravitaţională să domine recesiunea. Aşa cum vom vedea, acesta e, de exemplu, cazul galaxiilor Calea Lactee şi Andromeda.
11. S. Perlmutter *et aL,* „Measurements of Q and A from 42 High-Redshift Supernovae”, *Astrophysical Journal* 517, nr. 2 (1999): 565; B.P. Schmidt *et aL,* „The High-Z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe Using Type IA Supernovae”, *Astrophysical Journal* 507 (1998): 46.
12. Pentru completitudine, să observăm că toate explicaţiile expansiunii spaţiale accelerate considerate serioase indică gravitaţia drept responsabilă. Dar, în general vorbind, ele o fac în două moduri diferite. Fie comportamentul forţei gravitaţionale pe distanţe cosmologice diferă de aşteptările bazate pe descrierile lui Einstein şi Newton, fie sursa care dă naştere gravitaţiei diferă de aşteptările bazate pe cunoaşterea convenţională a materiei şi energiei. Deşi ambele abordări

sunt viabile, cea de-a doua a fost dezvoltată mai mult şi aplicată pe scară largă (pentru a explica nu doar expansiunea accelerată a spaţiului, ci şi observaţiile detaliate ale radiaţiei cosmice de fond de microunde), şi prin urmare pe aceasta o vom urma.

13. Densitatea energiei întunecate este de aproximativ 5 x IO^{-10} J / m^3 sau circa 5 x IO^{-10} Ws/m^3. Pentru ca un bec electric de 100 W să funcţioneze timp de o secundă e nevoie de 2 x 10^{11} ori energia întunecată conţinută într-un singur centimetru cub. Energia aceasta poate aşadar menţine aprins un bec de 100 W timp de aproximativ 5 x 10^{12} secunde, circa cinci bilionimi de secundă.

14. Dacă valoarea energiei întunecate nu se modifică în timp, atunci ea este identică cu constanta cosmologică – un paliativ introdus de Einstein în calculele sale în 1917, când şi-a dat seama că ecuaţiile relativităţii generale nu puteau justifica opinia unanimă că la scară mare universul e static. Dificultatea cu care s-a confruntat Einstein era că staticul necesită echilibru, dar gravitaţia pare să tragă într-o singură direcţie. Fără nici o forţă compensatoare, un univers static părea imposibil. Din fericire, Einstein a înţeles că prin introducerea unui nou termen în ecuaţiile sale – constanta cosmologică – relativitatea generală permite şi gravitaţia repulsivă, care poate s-o compenseze pe cea atractivă şi să facă posibil un univers static. (El n- a înţeles că

echilibrul era instabil – o mică schimbare în dimensiunea universului* static, acesta devenind doar cu puţin mai mare sau mai mic, ar răsturna echilibrul, ducând la expansiune sau la contracţie.) Peste ceva mai mult de un deceniu însă, Einstein a aflat că universul se extinde. Cu un gest devenit faimos, el a şters constanta cosmologică din ecuaţiile sale. Dar Einstein lăsase duhul gravitaţiei repulsive să scape din clondirul relativităţii generale. Cu timpul, gravitaţia repulsivă va aduce mari servicii cosmologiei, permiţând impulsul expansionist al big bang-ului, iar după aceea oferind o explicaţie pentru expansiunea accelerată a spaţiului. Aşa cum au spus mulţi, aceasta dovedeşte că până şi ideile proaste ale lui Einstein au fost bune.

15. Robert R. Caldwell, Marc Kamionkowski şi Nevin N. Weinberg, „Phantom Energy and Cosmic Doomsday”, *Physical Review Letters* 91 (2003): 071301.
16. Abraham Loeb, „Cosmology with hypervelocity stars”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 04 (2011): 023.
17. Energia din interiorul Pământului este de asemenea un rest al căldurii produse atunci când atracţia gravitaţională a comprimat un nor de praf şi gaz şi a dat naştere unei planete. în plus, şi rotaţia Pământului generează căldură, deoarece mişcarea produce fricţiuni în straturile adânci de roci care au nevoie de o forţă

constantă pentru a ţine pasul cu viteza de rotaţie.

18. Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects”, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337-372; Fred C. Adams şi Greg Laughlin, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999), 50-52. Considerente similare sunt relevante pentru planetele sau sateliţii care au fost întotdeauna prea departe de steaua gazdă pentru ca pe suprafaţa lor să existe condiţii favorabile vieţii. Procesele interne din astfel de corpuri, astrogeologia lor, pot produce energii capabile să susţină viaţa adânc sub suprafaţă. Satelitul lui Saturn, Enceladus, e un prim candidat. La o distanţă atât de mare de Soare, suprafaţa lui îngheţată e un loc ostil pentru viaţă. Dar diversele atracţii gravitaţionale exercitate de Saturn şi ceilalţi sateliţi ai săi, întinzându-l uşor pe Enceladus într-o direcţie şi comprimându-l într- altă direcţie, generează presiuni şi fricţiuni care îi încălzesc interiorul, topesc gheaţa şi, poate, menţin rezervoare de apă lichidă. Nu e complet deplasat să ne imaginăm că într-o bună zi am putea să forăm o mică gaură în crusta îngheţată a lui Enceladus, să coborâm o sondă şi să ne întâlnim cu un locuitor al acelui ocean.

19. Pentru o demonstraţie, vezi apariţia mea în *The Late Show with Stephen Colbert* în care am lăsat să cadă o stivă de

cinci mingi, cea mai uşoară dintre ele fiind propulsată la peste nouă metri înălţime (cu siguranţă singurul Record Mondial Guiness pe care-l voi deţine vreodată), https:// www .youtube .com/ watch ?v = 75szwX09pg8.

20. Dyson oferă o evaluare aproximativă a ratei cu care planetele sunt ej ectate din sistemele solare, precum şi a ratei cu care stelele sunt ej ectate din galaxii: Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe”, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 450. Adams şi Laughlin oferă explicaţii şi calcule mai detaliate, precum şi contribuţii originale la studiul acestor procese (de exemplu, implicaţiile unor stele mici care ar traversa sistemul nostru solar). F.C. Adams şi G. Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects”, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 343-347; Fred C. Adams şi Greg Laughlin, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999), 50-51.

21. Pentru o demonstraţie video a metaforei cu folia

de cauciuc, folosind spandex, şi o scurtă discuţie despre comentariul din paragraful următor privind undele gravitaţionale şi dezintegrarea orbitelor planetare, vezi https:// www .youtube .com/ watch ?v = uRijc -AN -F0.

22. R.A. Hulse şi J. H. Taylor, „Discovery of a

pulsar in a binary system", *Astrophysical Journal* 195 (1975): L51.

23. Posibilitatea ca o orbită care se dezintegrează lent să indice pierderea de energie prin radiaţie gravitaţională a fost menţionată în R.V. Wagoner, „Test for the existence of gravitational radiation", *Astrophysical Journal* 196 (1975): L63.
24. J.H. Taylor, L.A. Fowler şi P.M. McCulloch, „Measurements of general relativistic effects in the binary pulsar PSR 1913+16", *Nature* 277 (1979): 437.
25. Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe", *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 451; Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects", *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 344-347.
26. Fred C. Adams şi Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical objects", *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 347-349.
27. Când sunt izolaţi, neutronii au o durată de viaţă scurtă, vreo cincisprezece minute. Fiindcă sunt mai grei decât protonii, procesul lor de dezintegrare implică producerea unui proton (plus un electron şi un antineutrin). Pentru ca un neutron să se dezintegreze în interiorul unui atom, nucleul ar trebui să accepte protonul produs, dar deseori cerinţa aceasta nu poate fi îndeplinită. Protonii aflaţi deja în nucleu umplu complet

nivelele cuantice disponibile, care potrivit lui Pauli şi principiului său de excluziune nu pot fi împărţite, asigurând stabilitatea neutronului în acest context. Dacă protonii se dezintegrează, ei nu vor produce neutroni, fiindcă sunt mai uşori decât aceştia, şi nu va interveni un proces de stabilizare similar.

28. Howard Georgi şi Sheldon Glashow, „Unity of All Elementary-Particle Forces”, *Physical Review Letters* 32, nr. 8 (1974): 438.
29. O rată de dezintegrare de 50% în 10^{30} ani înseamnă că într-o mostră de IO^{30} protoni există şanse de 50% ca în decurs de un an unul dintre ei
să se dezintegreze.
30. Howard Georgi, comunicare personală, Universitatea Harvard, 28 decembrie 1997.
31. Dacă protonii nu se dezintegrează în modul prevăzut de teorii precum marea unificare sau teoria corzilor, care merg dincolo de legile stabilite ale fizicii particulelor – adică modelul standard –, evoluţia spre viitor pe care am descris-o va necesita diverse modificări. De exemplu, ne gândim de obicei la substanţele solide precum fierul ca la obiecte care-şi păstrează forma, spre deosebire de lichide, a căror formă e fluidă. Dar, pe durate suficient de lungi, chiar şi fierul se va comporta ca un fluid, atomii săi constituenţi tunelând prin toate barierele ridicate în mod normal de procesele fizice şi chimice. în decursul a

circa IO^{65} ani, o bucată de fier plutind în spaţiu îşi va rearanja atomii, „topindu-se” într-un strop sferic – la fel ca toată materia care mai există. Dincolo de reconfigurările formei, pe durate şi mai lungi identitatea materiei s-ar schimba: atomii mai uşori decât fierul ar fuziona treptat, în timp ce atomii mai grei ar fisiona. Fierul e cel mai stabil dintre toate configuraţiile atomice şi, prin urmare, ar fi produsul final al tuturor acestor procese nucleare. Scara de timp pentru încheierea acestor procese este de aproximativ IO^{1500} ani. Pe durate încă şi mai lungi, materia ar tunela în găuri negre, care la această scară de timp s-ar evapora imediat prin radiaţie Hawking. Să observăm totuşi că până şi în modelul standard al fizicii particulelor – fără extensii exotice sau ipotetice – se crede că protonii se vor dezintegra, doar că la o scară de timp mult mai lungă decât cei IO^{38} ani presupuşi în cadrul capitolului. De exemplu, există un proces cuantic exotic aflat în întregime în limitele modelului standard pe care fizicienii l-au studiat teoretic (numit instanton şi care face uz de aşa- numita soluţie sfaleron a ecuaţiilor câmpului electroslab) şi care ar duce la dezintegrarea protonului. Procesul se bazează pe un eveniment de tunelare cuantică, aşa încât scara de timp necesară ca el să se producă e lungă – estimările plasându-l la circa IO^{150} ani în viitor – dar mult mai puţin decât cei IO$^{1\,500}$ ani menţionaţi mai sus. Fizicienii au

studiat şi alte procese exotice care ar provoca dezintegrarea protonului la diverse scări de timp, majoritatea în limitele a aproximativ IO^{200} ani. Prin urmare, probabil că până în acea eră viitoare toată materia complexă rămasă se va fi descompus. Vezi Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe”, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 451-452, pentru estimările privind fluiditatea materiei solide şi transformarea materiei în fier. Pentru referinţe tehnice despre tunelarea cuantică conducând la dezintegrarea protonului, vezi G. ’t Hooft, „Computation of the quantum effects due to a four-dimensional pseudoparticle”, *Physical Review D* 14 (1976): 3432, şi F.R. Klinkhamer şi N.S. Manton, „A saddle-point solution in the Weinberg-Salam theory”, *Physical Review D* 30 (1984): 2212.

32. Freeman Dyson, „Time without end: Physics and biology in an open universe”, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447-460.
33. Dyson calculează rata necesară de disipare a energiei *D* pentru un Gânditor a cărui „complexitate” este *Q* (care e rata producţiei de entropie raportată la unitatea de timp subiectiv a Gânditorului, aproximativ producţia de entropie per gând a Gânditorului), operând la o temperatură *T,* şi găseşte că D 00 QT^2.
34. Mai precis, în limbajul pe care îl folosesc, Dyson presupune că în cazul

unui ansamblu de Gânditori, toţi reglaţi să funcţioneze la temperaturi diferite, viteza proceselor metabolice ale fiecărui Gânditor, indiferent care ar fi ele, depinde liniar de temperatură. în termeni tehnici, Dyson postulează ceea ce el numeşte ipoteza scalării biologice *(biological scaling hypothesis),* care afirmă următoarele: Dacă avem o replică a unui anumit mediu, identică din punct de vedere cuantic cu originalul, cu excepţia faptului că temperatura noului mediu este T_{nou}, în vreme ce a
mediului original a fost $T_{original}$, şi dacă facem o replică a unui sistem viu astfel încât hamiltonianul său cuantic, până la o transformare unitară, este dat de -ff$_{nou}$ – (Tnou / Ti$_{or}$|g|$_{na}$p atunci copia este vie şi are experienţe subiective identice cu ale originalului, exceptând faptul că toate funcţiile sale interne sunt reduse cu un faCtOr T_{nou} / î^riginap

35. Pentru cititorul interesat de matematică, să observăm că dacă temperatura, *T,* este funcţie de timp, *t,* conform relaţiei *T(t)* ~ t ^{p}, integrala expresiei din nota 33, QT^{2}, va converge pentru *p > Vi,* în vreme ce numărul total de gânduri (integrala lui T(t)) va diverge pentru *p* < 1. Prin urmare, cu *V2 < p <* 1, Gânditorul poate avea un număr infinit de gânduri folosind doar o cantitate finită de energie.
36. Pentru cititorul interesat de matematică, problema esenţială aici este că viteza maximă de evacuare a deşeurilor (presupunând că Gânditorul

evacuează deşeurile printr-o radiaţie de dipol bazată pe electroni) este proporţională cu T^3, în timp ce energia disipată e proporţională cu T^2. Aceasta implică existenţa unei limite inferioare a lui *T* pentru a evita acumularea căldurii reziduale mai rapid decât poate fi eliminată.

37. Printre informaticienii responsabili pentru aceste rezultate influente se numără Charles Bennett, Edward Fredkin, Rolf Landauer şi Tommaso Toffoli, între multi alţii. Pentru o expunere intuitivă şi accesibilă, vezi Charles H. Bennett şi Rolf Landauer, „The Fundamental Physical Limits of Computation”, *Scientific American* 253, nr. 1 (iulie 1985): 48-56.
38. Mai precis, calculul e *practic* imposibil de anulat. Deoarece actul de ştergere este el însuşi un proces fizic, în principiu îl putem anula prin acelaşi proces pe care l-am folosi ca să anulăm spargerea unui pahar: inversarea mişcării tuturor particulelor pretutindeni. Dar practic aceasta este irealizabil.
39. Mai multi autori au examinat impactul unei constante cosmologice asupra viitorului vieţii şi al minţii. Cu mult înainte de descoperirea observaţională a energiei întunecate, John Barrow şi Frank Tipler au analizat fizica proceselor de calcul într-un univers cu constantă cosmologică şi au arătat că procesarea informaţiei ajunge în mod necesar la un final, punând capăt vieţii şi minţii (John D.

Barrow şi Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* [Oxford: Oxford University Press, 1988], 668-69). Lawrence Krauss şi Glenn Starkman au revizuit analiza lui Dyson într-un univers cu constantă cosmologică şi au ajuns la o concluzie similară (Lawrence M. Krauss şi Glenn D. Starkman, „Life, the Universe, and Nothing: Life and Death in an Ever-Expanding Universe”, *Astrophysical Journal* 531 [2000]: 22-30). Krauss şi Starkman au argumentat pe temeiuri generale că natura discretă a stărilor pentru un sistem cuantic de dimensiune finită ar periclita în mod similar gândirea infinită în *orice* spaţiu-timp în expansiune, chiar şi în absenţa unei constante cosmologice. Totuşi, Barrow şi Hervik au susţinut că folosind gradienţi de temperatură generaţi de undele gravitaţionale, procesarea informaţiei poate în fapt să continue indefinit într-un univers care nu are constantă cosmologică (John D. Barrow şi Sigbjorn Hervik, „Indefinite information processing in ever-expanding universes”, *Physics Letters B* 566, nr. l-2 [24 iulie 2003]: l-7). Freese şi Kinney au ajuns la o concluzie similară, argumentând că într-un spaţiu-timp a cărui dimensiune a orizontului creşte în timp (spre deosebire de un univers cu constantă cosmologică în care dimensiunea orizontului e fixă), spaţiul fazelor dobândeşte permanent moduri noi (cele ale căror lungimi de undă scad sub dimensiunea în creştere a orizontului),

care oferă sistemului o rezervă continuă de noi grade de libertate capabile să transporte deşeurile în mediu, permiţând calculelor să continue indefinit de departe în viitor (K. Freese şi W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe”, *Physics Letters B* 558, nr. l-2 [10 aprilie 2003]: l-8).

40. K. Freese şi W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe”, *Physics Letters B* 558, nr. l-2 [10 aprilie 2003]: l-8.

10. Amurgul timpului

1. Faptul că procese cu probabilităţi minuscule pot profita de durate lungi de timp pentru a-şi croi drum în realitate l-am întâlnit deja în capitole anterioare. Referindu-mă la una dintre explicaţiile declanşării big bang-ului, am observat că evoluţia cosmică a putut aştepta mult timp până când configuraţia extrem de improbabilă a unui câmp inflaton uniform a umplut o mică regiune, unde a generat gravitaţia repulsivă şi a pus în mişcare expansiunea spaţiului. Pentru un alt exemplu important şi general, am subliniat că legea a doua a termodinamicii nu e o lege în sensul convenţional, ci o tendinţă statistică. Descreşterile entropiei sunt extraordinar de rare, dar, dacă aşteptăm suficient de mult timp, chiar şi lucrurile cele mai improbabile se vor întâmpla.
2. Freeman Dyson în Jon Else, dir., *The Day After Trinity* (Houston: KETH, 1981).

3. Comunicare personală cu John Wheeler, Universitatea Princeton, 27 ianuarie 1998.
4. W. Israel, „Event Horizons in Static Vacuum Space-Times”, *Physical Review* 164 (1967): 1776; W. Israel, „Event Horizons in Static Electrovac Space-Times”, *Communications in Mathematical Physics* 8 (1968): 245; B. Carter, „Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom”, *Physical Review Letters* 26 (1971): 331.
5. Jacob D. Bekenstein, „Black Holes and Entropy”, *Physical Review D* 7 (15 aprilie 1973): 2333. Pentru un rezumat matematic frumos şi accesibil al calculului lui Bekenstein, vezi Leonard Susskind, *The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics* (New York: Litde, Brown and Co., 2008), 151-154.
6. Mai precis, aria creşte cu o unitate, dacă se alege ca unitate de arie un sfert din pătratul lungimii Planck.
7. Proprietăţile magnetice ale electronului, care sunt extrem de sensibile la fluctuaţiile cuantice în spaţiul vid, oferă cel mai impresionant acord între observaţii şi predicţiile matematice. Calculele matematice sunt de-a dreptul eroice. La finele anilor 1940, Richard Feynman a introdus o schemă grafică pentru organizarea unor asemenea calcule cuantice, folosind ceea ce numim acum *diagrame Feynman.* Fiecare diagramă reprezintă o contribuţie

matematică ce necesită o evaluare atentă, iar în finalul calculului toţi aceşti termeni trebuie însumaţi. Pentru a determina contribuţiile

* * cuantice la proprietăţile magnetice ale electronilor (momentul dipolar al electronului), cercetătorii au trebuit să evalueze mai mult de douăsprezece mii de diagrame Feynman. Acordul spectaculos dintre aceste calcule şi măsurătorile experimentale se numără printre cele mai mari triumfuri ale fizicii cuantice (vezi Tatsumi Aoyama, Masashi Hayakawa, Toichiro Kinoshita, and Makiko Nio, „Tenth-order electron anomalous magnetic moment: Contribution of diagrams without closed lepton loops”, *Physical Review D* 91 [2015]: 033006).

8. Deşi folosesc cărbunele ca analogie, se cuvine să menţionăm o deosebire esenţială între radiaţia emisă de arderile obişnuite şi radiaţia emisă de o gaură neagră. Când cărbunele aprins luminează, radiaţia este emisă direct de materialul incandescent; prin urmare, radiaţia poartă o amprentă a substanţelor din care e format cărbunele. Dimpotrivă, materialul care constituie o gaură neagră a fost complet strivit în singularitatea acesteia – şi cu cât gaura neagră e mai masivă, cu atât distanţa dintre singularitate şi orizontul evenimentelor e mai mare –, aşa încât radiaţia emisă de orizontul evenimentelor nu va

*

conţine informaţii despre compoziţia materială a găurii negre. Această diferenţă e un mod de a înţelege originea aşa-numitului *paradox informaţional al găurii negre.* Dacă radiaţia emisă de o gaură neagră nu depinde de ingredientele specifice din care s-a format, înseamnă că, după ce gaura neagră s-a transformat integral în radiaţie, informaţia conţinută în acele ingrediente s-a pierdut. O asemenea pierdere de informaţie ar perturba evoluţia cuantică a universului, de aceea fizicienii au încercat timp de decenii să demonstreze că informaţia nu se pierde. Majoritatea fizicienilor sunt acum de acord că există argumente puternice care susţin că într-adevăr informaţia se conservă, dar numeroase detalii importante încă mai fac obiectul cercetării.

9. Formula lui Hawking arată că radiaţia de corp negru emisă de o gaură neagră Schwarzschild (o gaură neagră fără sarcină electrică şi care nu se roteşte) cu masa *M* este dată de $T_{Hawking} = hc^3/16n^2GMk_b$ *(h* este constanta lui Planck, *c* este viteza luminii, G este constanta gravitaţională a lui Newton, iar k_b este constanta lui Boltzmann). S.W. Hawking, „Partide Création by Black Holes”, *Communications in Mathematical Physics* 43 (1975): 199-220.
10. Don N. Page, „Partide émission rates from a black hole: Massless particles from an uncharged, nonrotating hole”, *Physical*

Review D 13 nr. 2 (1976), 198-206. Numerele citate actualizează calculul lui Page pe baza unor evaluări mai recente ale proprietăţilor particulelor, în primul rând o masă diferită de zero pentru neutrini.

11. Mai precis, o sferă a cărei rază nu e mai mare decât aşa-numita rază Schwarzschild, a cărei formă matematică în funcţie de masa M este

$$\blacksquare^{\text{Schwarzschild}} = \frac{2GA}{17C}.$$

12. De reţinut că mă refer la ceea ce s-ar putea numi *densitatea medie efectivă* a unei găuri negre: masa ei totală împărţită la volumul total conţinut într-o sferă cu raza egală cu cea a orizontului evenimentelor. Noţiunea este utilă intuitiv, dar, aşa cum cititorul specialist va recunoaşte, în cel mai bun caz în scop euristic. Când se formează o gaură neagră, direcţia radială în interiorul orizontului evenimentelor devine de tip temporal, aşa încât noţiunea de volum spaţial interior al unei găuri negre devine mai subtilă (şi, de fapt, devine divergentă). Mai mult, masa găurii negre nu umple în mod uniform un asemenea volum, prin urmare densitatea medie pe care am calculat- o nu se realizează fizic. Totuşi, densitatea medie a unei găuri negre, aşa cum am definit-o, oferă o idee intuitivă pentru a lămuri de ce găurile negre mai mari produc medii externe mai puţin extreme şi generează radiaţie Hawking cu temperaturi mai joase.

13. în capitolul precedent am observat că expansiunea accelerată a spaţiului generează o temperatură de fond infimă, dar constantă, de aproximativ IO^{-30} K. Temperatura unei găuri negre cu o masă mai mare decât aproximativ IO^{23} mase solare ar fi mai mică decât temperatura ambientală a spaţiului în viitorul îndepărtat. Dar o asemenea gaură neagră ar fi mai mare decât însuşi orizontul cosmologic.
14. Conform matematicii, atunci când traversează câmpul Higgs, fotonii nu întâmpină nici o rezistenţă, ceea ce face ca ei să nu aibă masă, iar câmpul Higgs să fie invizibil.
15. Peter Higgs în „What Is Space?” – primul episod din documentarul *NOVA* în patru părţi *The Fabric of the Cosmos,* bazat pe cartea cu acelaşi nume. Şi alţi fizicieni au dezvoltat idei similare cu ale lui Higgs cam în acelaşi timp, între aceştia numărându-se Robert Brout şi François Englert; Gerald Guralnik, C. Richard Hagen şi Tom Kibble. Higgs şi Englert au împărţit Premiul Nobel pentru contribuţia lor.
16. Există mai puţină semnificaţie în numărul acesta decât ar putea să pară. Valoarea 246 (sau, mai precis, 246,22 GeV, unde GeV reprezintă unitatea convenţională pentru energie, gigaelectron volt) depinde de convenţiile matematice pe care le invocă în general fizicienii. Convenţii mai puţin standard ar produce o fizică echivalentă, dar cu valori

numerice diferite.

17. Sidney Coleman, „Fate of the False Vacuum”, *Physical Review D* 15 (1977): 2929; Erratum, *Physical Review D* 16 (1977): 1248.
18. Mai precis, sfera s-ar extinde la început lent, după care viteza ei s-ar apropia rapid de cea a luminii.
19. A. Andreassen, W. Frost şi M.D. Schwartz, „Scale Invariant Instantons and the Complete Lifetime of the Standard Model”, *Physical Review D* 97 (2018): 056006.
20. Posibilitatea ca universul nostru să fi apărut dintr-o baie uniformă, cu entropie înaltă, de particule care se agită şi se ciocnesc în vid, în care o tranziţie spontană rară către o stare cu entropie mai scăzută a produs structurile ordonate pe care le vedem, a fost sugerată de Ludwig Boltzmann în două articole (Ludwig Boltzmann, „On Certain Questions of the Theory of Gases”, *Nature* 51 [1895]: 1322, 413-415; Ludwig Boltzmann, *„Entgegnung auf die wărmetheoretischen Betrachtungen des Hrn. E. Zermelo”, Annalen der Physik* 57 [1896]: 773- 784). Mai târziu, Arthur Eddington a precizat că, deoarece scăderi mai puţin semnificative ale entropiei sunt mai probabile, sunt şanse mult mai mari ca o astfel de fluctuaţie să nu producă un întreg univers plin cu stele, planete şi oameni – o scădere mare a entropiei –, ci doar „fizicieni matematicieni” (observatori angajaţi în aceleaşi

experimente mentale pe care le explora el) într-un mediu altminteri dezorganizat (A. Eddington, „The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics”, *Nature* 127, nr. 1931 [3203]: 447-453). Mult mai târziu, noţiunea de „fizicieni matematicieni” a fost restrânsă la o scădere entropică şi mai modestă – pentru a da naştere doar componentelor cugetătoare ale observatorilor, numite „creiere Boltzmann” (din câte ştiu, termenul a fost utilizat explicit pentru prima oară în A. Albrecht şi L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation?”, *Physical Review D* 70 [2004]: 063528).

21. Din motive subliniate în capitol, mă voi concentra asupra creării spontane a unor structuri care pot gândi – creiere Boltzmann – dar crearea spontană a unor întregi noi universuri sau recrearea spontană a condiţiilor care au declanşat expansiunea cosmologică inflaţionară merită de asemenea atenţie. Pentru a evita să supraîncarc capitolul, examinez astfel de posibilităţi în notele 22 şi 34.

22. Cititorul specialist îşi va da seama că omit deopotrivă subtilităţile şi controversele. Nu există un consens privind modul de calcul al probabilităţilor diverselor fluctuaţii cosmologice la care mă refer. în L. Dyson, M. Kleban şi L. Susskind, „Disturbing Implications of a Cosmological Constant”, *Journal of High Energy Physics* 0210 (2002): 011, Leonard Susskind şi colaboratorii au susţinut o abordare bazată pe o idee

anterioară a lui Susskind numită „complementaritatea orizontului”. Să ne aducem aminte că datorită expansiunii accelerate a spaţiului suntem înconjuraţi de un orizont cosmologic îndepărtat. Locurile aflate mai departe decât orizontul cosmologic se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât a luminii, prin urmare nu există nici o posibilitate să fim influenţaţi de ceva aflat la acea distantă
[9]
sau mai departe. Susskind, motivat[9] de această izolare (şi de lucrările sale anterioare despre găurile negre, care au propria lor varietate de orizont), susţine că trebuie luate în considerare doar procesele fizice care au loc în „parcela cauzală” *[causal patch]* a noastră – ne-o putem imagina ca pe regiunea spaţiului aflată în interiorul orizontului nostru cosmologic – excluzând de facto toată fizica din întinderea posibil infinită a spaţiului aflat dincolo de orizont. Mai precis, Susskind susţine că fizica din exteriorul parcelei noastre cauzale e redundantă cu fizica din interiorul acesteia (la fel cum descrierile ondulatorie şi corpusculară din mecanica cuantică sunt două moduri complementare de a discuta aceeaşi fizică, fizica din interiorul şi cea din exteriorul parcelei ar fi de asemenea moduri complementare de a discuta aceeaşi fizică). Cu această presupunere, realitatea e considerată o parcelă finită a spaţiului, cu o

constantă cosmologică fixată, A, producând o temperatură T ~ VA – oarecum asemănător cazului canonic al gazului fierbinte dintr-o cutie, studiat în mecanica statistică elementară. Calculul probabilităţilor relative a două macrostări diferite se reduce atunci la efectuarea raportului dintre numerele de microstări asociate fiecărei macrostări. Altfel spus, probabilitatea unei anumite configuraţii e proporţională cu exponenţiala entropiei sale. Cu această abordare, Susskind şi colaboratorii au observat că reunirea particulelor din parcela noastră pentru a produce condiţiile necesare pentru un big bang inflaţionar e mult mai puţin probabilă (fiindcă are entropie joasă) decât reunirea lor, pentru a produce direct lumea pe care o cunoaştem, de la stele la oameni (fiindcă o astfel de configuraţie are entropie mai înaltă). O altă abordare pentru calculul probabilităţilor e sugerată în A. Albrecht şi L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation? „, *Physical Review D* 70 (2004): 063528, care se bazează pe inflaţia apărută dintr-un eveniment local de tunelare cuantică. Abordarea aceasta furnizează probabilităţi radical diferite. Albrecht şi Sorbo consideră fluctuaţii către o entropie mai joasă – o regiune care ulterior va suferi o inflaţie – într-un mediu care are el însuşi o entropie înaltă; aceasta face ca întreaga configuraţie să aibă entropie înaltă, mărind

probabilităţile. Susskind şi colaboratorii examinează doar entropia din interiorul fluctuaţiei, argumentând că, deoarece ulterior regiunea va suferi o inflaţie, tot ce e în exteriorul regiunii se află dincolo de orizontul său cosmologic, deci poate fi ignorat. Entropia totală mai joasă pe care Susskind şi colaboratorii o atribuie fluctuaţiei reduce drastic

probabilitatea producerii sale.

23. în nota 9 de la capitolul 2, am explicat că entropia unui sistem se defineşte mai adecvat ca logaritmul natural al numărului de stări cuantice accesibile. Prin urmare, dacă un sistem are entropia S, numărul acestor stări este e^s. Dacă presupunem că un sistem petrece aproape acelaşi timp în oricare din microstările compatibile cu macrostarea sa, atunci probabilitatea *P* a unei fluctuaţii dintr-o stare iniţială cu entropia S_x într-o stare finală cu entropia S_2 este dată de raportul dintre numerele de microstări asociate cu fiecare, deci $P = e^{S2}/e^{sl} = e^{(S2_sl)}$. Pentru claritate, să scriem $S_2 = S_x - D$, unde *D* reprezintă „scăderea” entropiei de la valoarea iniţială S_r Atunci $P = e^{D}$, unde vedem descreşterea exponenţială a probabilităţii ca o funcţie de scădere a entropiei. Care este atunci probabilitatea de formare a unui creier Boltzmann? Ei bine, la temperatura *T* particulele din baia termică au energii foarte apropiate de *T* (folosind un sistem de unităţi în care $k_B = 1$), şi pentru a construi un creier cu masa *M* trebuie să decantăm aproximativ *M/T* asemenea particule (folosind un sistem de unităţi în care $c = 1$). întrucât entropia băii ţine evidenţa numărului de particule, scăderea *D* este în esenţă egală cu *M/T,* deci probabilitatea este aproximativ $e^{M/T}$. Pentru un exemplu deosebit de relevant, să ne îndreptăm atenţia asupra viitorului foarte îndepărtat şi să luăm *T* egal cu

temperatura băii termice care rezultă din orizontul cosmologic, aproximativ IO ^{30} K, circa IO^{-41} GeV (unde un GeV, un gigaelectronvolt, este aproximativ egal cu echivalentul energetic al masei unui proton). Deoarece un creier conţine în jur de IO^{27} protoni, *M/T* este aproximativ $10^{27}/10^{-41}$ = IO^{68}. Probabilitatea formării spontane a unui creier este aşadar aproximativ Timpul necesar pentru a avea o şansă rezonabilă ca un asemenea eveniment rar să se producă este proporţional cu lAw, adică e^{io6S}, număr pe care în capitolul acesta, pentru simplitate, îl aproximăm cu w*«-.

24. Deşi se prea poate ca timpul să fie nelimitat, există o scară de timp relevantă, naturală, dar finită, numită „timp de recurenţă”. Discut aspectul acesta în nota 34, astfel încât aici e suficient să spun că timpul de recurenţă e atât de lung, încât numărul de creiere Boltzmann care vor apărea înainte să atingem acea limită e enorm, în pofida ratei lor infime de formare.

25. Cititorul foarte atent îşi va da seama că invocăm implicit principiul indiferenţei prezentat în nota 8 de la capitolul 3. Altfel spus, când examinez originea creierului meu, atribui probabilităţi egale fiecărei încarnări care are aceeaşi configuraţie fizică. Deoarece aproape toate se vor fi format în maniera Boltzmannian, e foarte puţin probabil ca povestea obişnuită pe care o spun despre apariţia creierului meu să fie adevărată.

Totuşi, la fel ca în nota 8 de la capitolul 3, putem contesta utilizarea principiului indiferenţei în situaţii care nu seamănă deloc cu acelea în care principiul a fost verificat empiric (aruncarea monedelor sau a zarurilor, şi marea varietate de situaţii aleatorii cu care ne întâlnim în viaţa de zi cu zi). Cu toate acestea, numeroşi cosmologi influenţi nu sunt satisfăcuţi de această abordare şi de aceea consideră că enigmele creierului Boltzmann pe care le descriu în capitol sunt un motiv serios de preocupare.

26. Vezi David Albert, *Time and Chance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000), 116; Brian Greene, *The Fabric of the Cosmos* (New York: Vintage, 2005), 168.

27. Permiteti-mi să menţionez alte două abordări înrudite pentru rezolvarea problemei. Una constă în a ne imagina că în decursul timpului „constantele” naturii se modifică în aşa fel încât procesele fizice necesare pentru a forma creierele Boltzmann sunt suprimate. Vezi, de exemplu, Steven Carlip, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann’s Brains”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001. O alta, susţinută de Sean Carroll şi colaboratorii, este că fluctuaţiile necesare pentru formarea creierelor Boltzmann nu apar într-o tratare cuantică riguroasă (K.K. Boddy, S.M. Carroll şi J. Pollack, „De Sitter Space Without Dynamical

Quantum Fluctuations", *Foundations of Physics* 46, nr. 6 [2016]: 702).

28. Vezi, de exemplu, A. Ceresole, G. Dall'Agata, A. Giryavets *et aL,* „Domain walls, near-BPS bubbles, and probabilities in the landscape", *Physical Review D* 74 (2006): 086010. Fizicianul Don Page a adoptat o abordare diferită pentru a formula problema creierelor Boltzmann, observând că în orice volum spaţial finit aflat în expansiune accelerată, precum al nostru, vor exista – într-un timp nelimitat – un număr nelimitat de creiere create spontan. Pentru a evita ca creierele noastre să fie membri atipici în volumul acesta în expansiune, Page sugerează că regiunea noastră nu dispune de un timp nelimitat, ci se îndreaptă spre o distrugere de un fel sau altul. Calculele sale (Don N. Page, „Is our universe decaying at an astronomical rate?", *Physics Letters B* 669 [2008]: 197-200) arată că durata maximă de viată a universului nostru ar putea fi de numai douăzeci de miliarde de ani. Alţi fizicieni (vezi, de exemplu, R. Bousso şi B. Freivogel, „A Paradox in the Global Description of the Multiverse", *Journal of High Energy Physics* 6 [2007]: 018; A. Linde, „Sinks in the Landscape, Boltzmann Brains, and the Cosmological Constant Problem", *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 0701 [2007]: 022; A. Vilenkin, „Predictions from Quantum Cosmology", *Physical Review Letters* 74 [1995]: 846) au sugerat alte

modalităţi de a evita problema creierelor Boltzmann, folosind formalisme matematice diferite pentru calculul probabilităţii cu care se vor forma. Pe scurt, rămân multe dezacorduri privind calculul probabilităţii acestui tip de procese, fără îndoială o sursă rodnică de controverse pentru stimularea unor cercetări viitoare.

29. Kimberly K. Boddy şi Sean M. Carroll, „Can the Higgs Boson Save Us from the Menace of the Boltzmann Brains?”, 2013, arXiv: 1308.468.
30. Cel puţin, aceasta e povestea spusă de ecuaţiile lui Einstein. Pentru a determina dacă puternica implozie va fi cu adevărat sfârşitul, sau dacă vreun proces exotic n-o va opri în ultimul moment, e nevoie de o tratare cuantică completă a gravitaţiei. Consensul general actual e că tunelarea către o valoare negativă produce o stare terminală – în acel domeniu, un adevărat sfârşit al timpului.
31. Paul J. Steinhardt şi Neil Turok, „The cyclic model simplified”, *New Astronomy Reviews* 49 (2005): 43-57; Anna Ijjas şi Paul Steinhardt, „A New Kind of Cyclic Universe” (2019): arXiv: 1904.0822[gr-qc].
32. Alexander Friedmann, trad. Brian Doyle, „On the Curvature of Space”, *Zeitschrift für Physik* 10 (1922): 377-386; Richard C. Tolman, „On the problem of the entropy of the universe as a whole”, *Physical Review* 37 (1931): 1639-1660; Richard C. Tolman, „On the theoretical requirements

for a periodic behavior of the universe", *Physical Review* 38 (1931): 1758- 1771.

33. Foarte probabil, însă cazul nu va fi complet soluţionat. Motivul este că paradigma inflaţionară e compatibilă şi cu absenţa undelor gravitaţionale primordiale: modelele care reduc scara energetică a inflaţiei vor produce unde prea slabe pentru a fi observate. Unii cercetători ar susţine zgomotos că asemenea modele sunt nenaturale, deci mai puţin convingătoare decât modelul ciclic. Dar aceasta e o judecată calitativă asupra căreia cercetători diferiţi vor avea opinii diferite. Datele posibile la care mă refer (sau, de fapt, absenţa lor) vor iniţia cu siguranţă o dezbatere aprinsă în comunitatea fizicienilor între adepţii acestor două teorii cosmologice, dar e improbabil ca scenariul inflationär să fie abandonat.

34. Deşi în capitol ne-ar fi îndepărtat prea mult de subiect, voi observa aici că există o versiune a cosmologiei ciclice care poate decurge şi din scenarii cosmologice mai standard. Chiar dacă diferă substanţial de abordarea ciclică tocmai descrisă, cosmologia aceasta implică episoade secvenţiale, dar la scări de timp considerabil mai lungi şi apărând printr-un mecanism complet diferit. Baza fizică a fost dedusă spre sfârşitul secolului XIX de matematicianul Henri Poincare, iar acum e numită *Teorema de Recurentă a lui*

Poincare. Pentru a înţelege esenţa

teoremei, să ne gândim că amestecăm un pachet de cărţi. Fiindcă există doar un număr finit de ordonări ale cărţilor (un număr enorm, ce-i drept, dar categoric finit), dacă vom continua să le amestecăm, mai devreme sau mai târziu ordinea cărţilor trebuie să se repete. Poincare şi-a dat seama că şi în cazul, să zicem, al moleculelor de apă care se agită într- un recipient, un tip similar de repetiţie va avea de asemenea loc cu siguranţă. De pildă, să ne imaginăm că plasez un grup compact de molecule de abur într-un colţ al recipientului, după care le las să se disperseze. Ele vor umple rapid recipientul şi pentru un timp spectaculos de îndelungat vor păstra o aparenţă uniformă, continuând să se mişte aleatoriu prin spaţiul disponibil. Dar, dacă aşteptăm suficient de mult, moleculele vor migra întâmplător spre configuraţii mai ordonate, cu entropie mai joasă. Poincare a mers mai departe. El a argumentat că prin mişcările lor aleatorii moleculele se vor apropia arbitrar de mult de configuraţia iniţială: o grupare compactă într-un colţ al recipientului. Raţionamentul, deşi tehnic, e similar cu modul în care am conchis că ordinea unui pachet de cărţi amestecate la nesfârşit trebuie să se repete. O listă interminabilă cu poziţiile şi vitezele aleatorii ale unor particule se va repeta de asemenea în mod necesar. Am putea fi sceptici în privinţa acestei afirmaţii – în fond, spre deosebire de amestecarea cărţilor de joc, pentru moleculele de abur din recipient există un număr infinit de configuraţii diferite. Dar Poincare a ţinut seama de această complicaţie şi nu a susţinut o recreare exactă a unei configuraţii anterioare, ci doar una arbitrar de apropiată. Cu cât recrearea dorită e mai precisă, cu atât va trebui să aşteptăm mai mult ca ea să aibă loc, dar, indiferent de gradul de toleranţă, particulele vor recrea

configuraţia anterioară în limitele specificate.

Deşi raţionamentul lui Poincare a fost clasic, în anii 1950 teorema lui a fost extinsă la mecanica cuantică. Dacă pornim de la un sistem închis ale cărui particule au anumite probabilităţi de a se afla în anumite poziţii, şi îi permitem să evolueze un timp suficient de lung, probabilităţile se vor apropia arbitrar de mult de valorile lor iniţiale, un ciclu care de asemenea se va repeta indefinit. Esenţial pentru argumentul lui Poincare, în versiunea clasică şi cuantică, este faptul că aburul e închis într-un recipient. Altminteri, moleculele ar continua să se disperseze, fără a mai reveni vreodată. Deoarece universul nu e un recipient închis, s-ar putea crede că teorema nu are relevanţă cosmologică. Aşa cum am văzut însă în nota 22 din acest capitol, Leonard Susskind a arătat că un orizont cosmologic acţionează efectiv ca pereţii unui recipient: el limitează partea de univers cu care putem interacţiona la o dimensiune finită, făcând ca teorema lui Poincare să fie aplicabilă. Şi aşa cum aburul din recipient va reveni, după perioade extraordinar de lungi, arbitrar de aproape de orice configuraţie dată, la fel se va întâmpla şi cu condiţiile din interiorul orizontului nostru cosmologic: orice configuraţie dată a particulelor şi câmpurilor se va realiza iar şi iar, cu orice precizie dorită. Este o versiune concretă a eternei reîntoarceri. Pe baza dimensiunii orizontului nostru

cosmologic, putem calcula timpul necesar pentru recurenţe, iar rezultatul este cea mai lungă durată cu care neam întâlnit până acum – aproximativ ™ ani.
E inevitabil să ne gândim la asemenea recurenţe în termeni tereştri. Fiecare dintre cei o sută de miliarde de oameni care au trăit şi au murit au fost configuraţii de particule. Dacă acele configuraţii vor fi realizate din nou, atunci această idee duce către locuri pe care ştiinţa în general le evită cu străşnicie. Dar înainte de a ne lăsa purtaţi prea departe să observăm că, aşa cum am văzut, scăderile spontane ale entropiei pot să ameninţe însăşi baza cunoaşterii raţionale. Dacă o reconfigurare aleatorie a particulelor şi câmpurilor declanşează o nouă evoluţie cosmologică – un nou big bang – care în cele din urmă produce stele, planete şi oameni, e un lucru. Dar dacă se dovedeşte că există o probabilitate mai mare de a recrea spontan condiţii precum cele din universul actual – fără big bang şi fără evoluţie cosmologică –, ne vom găsi în aceeaşi încurcătură ca în cazul creierelor Boltzmann. Chiar dacă universul nostru a apărut în maniera cosmologică descrisă în capitolele anterioare, privind către viitorul îndepărtat vom conchide că imensa majoritate a observatorilor la fel ca noi (unii care vor avea amintiri identice cu ale noastre şi vor afirma că sunt noi) nu au apărut prin acea succesiune cosmologică. Dar ei aşa vor

crede. La fel ca în cazul creierelor Boltzmann, vom intra într-un impas epistemologic. S-ar putea sugera că aceasta nu va submina percepţia *noastră* asupra realităţii – voi, eu şi toate lucrurile familiare putem fi rezultatul unei evoluţii cosmologice *bona fide.* Dar ideea tulburătoare e că oricine în viitor va putea accepta aceeaşi poveste consolatoare, şi totuşi cei mai mulţi se vor înşela. Dat fiind că de-a lungul timpului imensa majoritate a observatorilor nu vor proveni dintr-o evoluţie cosmologică standard, avem nevoie de un argument convingător că nu suntem printre cei iluzionaţi. Fizicienii au încercat să formuleze un asemenea argument, dar până în prezent nici unul nu s-a bucurat de o largă acceptare. O parte a problemei este că încă nu înţelegem pe deplin unificarea mecanicii cuantice cu gravitaţia, astfel încât schemele noastre de calcul sunt incerte. Confruntaţi cu această situaţie, unii fizicieni, îndeosebi Susskind, au sugerat că constanta cosmologică s-ar putea să nu fie o constantă veritabilă. La urma urmei, dacă în viitorul îndepărtat constanta cosmologică se disipează, era expansiunii accelerate va lua sfârşit, şi orizontul cosmologic va dispărea. Am scăpa astfel de recurenţele lui Poincare. Juriul aşteaptă observaţiile care, într-o viziune optimistă, vor arunca lumină asupra acestui posibil viitor.

35. Deoarece expansiunea inflaţionară

începe cu o regiune minusculă a spaţiului care se extinde rapid sub acţiunea gravitaţiei repulsive, s-ar putea crede că domeniul rezultant va avea în mod necesar o dimensiune finită. în fond, oricât de mult ai întinde ceva finit, tot finit va rămâne. Dar realitatea e mai complicată. în formularea standard a inflaţiei, din amestecul spaţiului cu timpul rezultă că observatori aflaţi *în interiorul* unei regiuni spaţiale supuse inflaţiei pot percepe o întindere *infinită.* Explic mai detaliat aspectul acesta în capitolul 2 din *The Hidden Reality,* la care îl trimit pe cititorul interesat. Să remarcăm de asemenea că cosmologia inflaţionară poate produce un multivers distinct, dar înrudit: o trăsătură comună multor scenarii inflationäre este

că expansiunea inflaţionară nu e un eveniment unic. Dimpotrivă, explozii distincte de expansiune inflaţionară pot produce multe – în general infinit de multe – universuri în expansiune, al nostru fiind doar unul din această mulţime vastă. Mulţimea acestor universuri poartă numele de multivers inflaţionar şi apare din ceea ce se numeşte inflaţie eternă. Aspecte ale descrierii multiversului pe care o prezint în acest capitol se aplică în egală măsură multiversului inflaţionar. Pentru detalii vezi capitolul 3 din *The Hidden Reality.*

36. Pentru a evita interacţiunile la graniţe, fiecare asemenea regiune poate fi înconjurată cu o zonă tampon suficient de

mare, care să asigure că nu există nici un contact între regiuni.

37. Jaume Garriga şi Alexander Vilenkin, „Many Worlds in One”, *Physical Review D* 64, nr. 4 (2001): 043511. Vezi de asemenea J. Garriga, V.F. Mukhanov, K.D. Olum şi A. Vilenkin, „Eternal Inflation, Black Holes, and the Future of Civilizations”, *International Journal of Theoretical Physics* 39, nr. 7 (2000): 1887-1900, precum şi cartea de popularizare, Alex Vilenkin, *Many Worlds in One* (New York: Hill and Wang, 2006).

11. Nobleţea fiinţei

1. Rolul evoluţiei în modelarea eticii a fost discutat în E.O. Wilson, *Sociobiology: The New Synthesis* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975), care a iniţiat o nouă paradigmă pentru analiza comportamentului uman în general şi a moralităţii umane în particular. Pentru o expunere detaliată a stadiilor posibile în evoluţia moralităţii umane, vezi P. Kitcher, „Biology and Ethics”, în *The Oxford Handbook of Ethical Theory* (Oxford: Oxford University Press, 2006), 163-185 şi P.

   Kitcher, „Between Fragile Altruism and Morality: Evolution and the Emergence of Normative Guidance”, *Evolutionary Ethics and Contemporary Biology* (2006): 159-177.
2. T. Nagel, *Mortal Questions* (Cambridge: Cambridge University Press, 1979), 142-146.

3. Vezi, de exemplu, J. Haidt, „The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment”, *Psychological Review* 108, nr. 4 (2001): 814-834, şi Jonathan Haidt, *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion* (New York: Pantheon Books, 2012).
4. Jorge Luis Borges, „The Immortal”, în *Labyrinths: Selected Stories and Other Writings* (New York: New Directions Paperbook, 2017), 115. Alte cărţi la care se face referire în acest paragraf sunt Jonathan Swift, *Gulliver's Travels* (New York: W.W. Norton, 1997); Karel Capek, *The Makropulos Case,* în *Four Plays: R.U.R.; The Insect Play; The Makropulos Case; The White Plague* (London: Bloomsbury, 2014).
5. Bernard Williams, *Problems of the Self* (Cambridge: Cambridge University Press, 1973).
6. Aaron Smuts, „Immortality and Significance”, *Philosophy and Literature* 35, nr. 1 (2011): 134- 149.
7. Samuel Scheffler, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 59-60.
8. „încrederea noastră în continuitatea rasei umane joacă un rol enorm, deşi preponderent tacit, în modul în care ne concepem activităţile şi le înţelegem valoarea”, spunea Wolf. Samuel Scheffler, „The Significance of Doomsday”, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 113.

9. Harry Frankfurt, „How the Afterlife Matters”, în Samuel Scheffler, *Death and the Afterlife* (New York: Oxford University Press, 2016), 136.
10. Adepţii concepţiei lumilor multiple în mecanica cuantică ar putea prezenta această descriere într-o lumină diferită. Dacă toate rezultatele posibile se întâmplă într-o lume sau alta, lumea aceasta a fost predestinată. Dar faptul că printre rezultatele posibile se află ansambluri de particule conştiente de sine nu e prin aceasta mai puţin extraordinar.

Bibliografie

Aaronson, Scott, „Why I Am Not an Integrated Information Theorist (or, The Unconscious Expander)”, *Shtetl-Optimized.* https://www.scottaaronson .com/blog/?p = 1799

Abbot, P., J. Abe, J. Alcock *et al.,* „Inclusive fitness theory and eusociality”, *Nature* 471 (2010): El- E4

Adams, Douglas, *Life, the Universe and Everything,* New York: Del Rey, 2005

Adams, Fred C. §i Gregory Laughlin, „A dying universe: The long-term fate and evolution of astrophysical obj ects”, *Reviews of Modern Physics* 69 (1997): 337-372

, The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity, New York: Free Press, 1999

Albert, David, *Time and Chance,* Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000

Alberts, Bruce *et al., Molecular Biology of the Cell,* 5th ed. New York: Garland Science, 2007

Albrecht, A. §i L. Sorbo, „Can the Universe Afford Inflation?”, *Physical Review D* 70 (2004): 063528

Albrecht, A. §i P. Steinhardt, „Cosmology for Grand Unified Theories with Radiatively Induced Symmetry Breaking”, *Physical Review Letters* 48 (1982): 1220

Andreassen, A., W. Frost §i M.D. Schwartz, „Scale Invariant Instantons and the Complete Lifetime of the Standard Model”, *Physical Review D* 97 (2018): 056006

Aoyama, Tatsumi, Masashi Hayakawa, Toichiro Kinoshita şi Makiko Nio, „Tenth-order electron anomalous magnetic moment: Contribution of diagrams without closed lepton loops”, *Physical Review D* 91 (2015): 033006

Aquinas, T., *Truth,* vol. II, trad, de James V. McGlynn, S.J. Chicago: Henry Regnery Company, 1953

Aries, Philippe, *The Hour of Our Death,* trad, de Helen Weaver, New York: Alfred A. Knopf, 1981

Aristotle, *Nicomachean Ethics,* trad, de C.D.C. Reeve, Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2014 [Aris to tel, *Etica Nicomahică,* trad. Stella Petecel, Editura IRI, Bucureşti, 1998]

Armstrong, Karen, *A Short History of Myth,* Melbourne: The Text Publishing Company, 2005 [O *scurtă istorie a mitului,* trad. Mirella Acsente, Ed. Corint, 2008]

Arnulf, Isabelle, Colette Buda şi Jean-Pierre Sastre, „Michel Jouvet: An explorer of dreams and a great storyteller”, *Sleep Medicine* 49 (2018): 4-9

Atran, Scott, *În Gods We Trust: The Evolutionary Landscape of Religion,* Oxford: Oxford University Press, 2002

Augustine, *Confessions,* trad, de F.J. Sheed. Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 2006 [Sf. Augustin, *Confesiuni,* trad. Eugen

Munteanu, Ed. Nemira, Bucureşti 2000]
Auton, A., L. Brooks, R. Durbin *et al.,* „A global reference for human genetic variation”, *Nature* 526, nr. 7571 (octombrie 2015): 68-74
Axelrod, Robert, *The Evolution of Cooperation,* ed. rev., New York: Perseus Books Group, 2006
Axelrod, Robert şi William D. Hamilton, „The Evolution of Cooperation”, *Science* 211 (March 1981): 1390-1396
Baars, Bernard J., *În the Theater of Consciousness,*
New York: Oxford University Press, 1997
Barrett, Justin L. *Why Would Anyone Believe in God?,* Lanham, MD: AltaMira, 2004
Barrow, John D. şi Sigbj0rn Hervik, „Indefinite information processing in ever-expanding universes”, *Physics Letters B* 566, nos. l-2 (24 iulie 2003): l-7
Barrow, John D. şi Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle,* Oxford: Oxford University Press, 1988 *[Principiul antropic cosmologic,* trad. Walter Fotescu, Ed. Tehnică, Bucureşti, 2001]
Becker, Ernest, *The Denial of Death,* New York: Free Press, 1973
Bekenstein, Jacob D., „Black Holes and Entropy”, *Physical Review D* 7 (15 aprilie 1973): 2333
Bellow, Saul, conferinţă Nobel, 12 decembrie 1976, în *Nobel Lectures, Literature 1968-1980,* ed. Sture Allén, Singapore: World Scientific Publishing Co., 1993
Bennett, Charles H. şi Rolf Landauer, „The

Fundamental Physical Limits of Computation”, *Scientific American* 253, nr. 1 (iulie 1985)
Bering, Jesse, *The Belief Instinct,* New York: W.W. Norton, 2011
Berwick, R. şi N. Chomsky, *Why Only Us,* Cambridge, MA: MIT Press, 2015
Bierce, Ambrose, *The Devil's Dictionary,* Mount Vernon, NY: The Peter Pauper Press, 1958 *[Dicţionarul Diavolului,* trad. Silvia Constantin, Ed. Aldo Press, 2004]
Bigham, Abigail *et al.,* „Identifying signatures of natural selection in Tibetan and Andean populations using dense genome scan data”, *PLoS Genetics* 6, nr. 9 (9 septembrie 2010): el001116
Blackmore, Susan, *The Meme Machine,* Oxford: Oxford University Press, 1999
Boddy, Kimberly K. şi Sean M. Carroll, „Can the Higgs Boson Save Us from the Menace of the Boltzmann Brains?”, 2013. arXiv: 1308.468
Boddy, K.K., S.M. Carroll şi J. Pollack, „De Sitter Space Without Dynamical Quantum Fluctuations”, *Foundations of Physics* 46, nr. 6 (2016): 702
Boltzmann, Ludwig, „On Certain Questions of the Theory of Gases”, *Nature* 51, nr. 1322 (1895): 413-415
, „Entgegnung auf die wärmetheoretischen Betrachtungen des Hrn. E. Zermelo”, Annalen der Physik 57 (1896): 773-84
Borges, Jorge Luis, „The Immortal”, în *Labyrinths: Selected Stories and Other Writings.* New York: New Directions

Paperbook, 2017 [Trad. în limba română de Darie Novăceanu, în Jorge Luis Borges, *Opere,* vol. 2, ed. Univers, Bucureşti 1999]

Born, Max, *„Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge", Zeitschrift für Physik 37,* nr. 12 (1926): 863-867

Bousso, R. şi B. Freivogel, „A Paradox in the Global Description of the Multiverse", *Journal of High Energy Physics* 6 (2007): 018

Boyd, Brian, „The evolution of stories: from mimesis to language, from fact to fiction", *WIREs Cognitive Science* 9, nr. 1 (2018), el444- 1446

, „Evolutionary Theories of Art", în *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative,* ed. Jonathan Gottschall şi David Sloan Wilson, Evanston, IL: Northwestern University Press, 2005, 147

, On the Origin of Stories. Cambridge, MA: Belknap Press, 2010

Boyer, Pascal, „Functional Origins of Religious Concepts: Ontological and Strategic Selection in Evolved Minds", *Journal of the Royal Anthropological Institute* 6, nr. 2 (iunie 2000): 195-214

, Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought. New York: Basic Books, 2007

Bruner, Jerome, *Making Stories: Law, Literature, Life,* New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002 , „The Narrative Construction of Reality", *Critical Inquiry* 18, nr. 1 (toamna 1991): l-21

Buss, David, *Evolutionary Psychology: The*

New Science of the Mind, Boston: Allyn & Bacon, 2012
Cairns-Smith, A.G., *Seven Clues to the Origin of Life,* Cambridge: Cambridge University Press, 1990
Calaprice, Alice, ed. *The New Quotable Einstein,* Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005
Caldwell, Robert R., Marc Kamionkowski §i Nevin N. Weinberg, „Phantom Energy and Cosmic Doomsday”, *Physical Review Letters* 91 (2003): 071301
Campbell, Joseph, *The Hero with a Thousand Faces,* Novato, CA: New World Library, 2008
Camus, Albert, *Lyrical and Critical Essays,* trad. Ellen Conroy Kennedy. New York: Vintage Books, 1970
, *The Myth of Sisyphus,* trad. Justin O’Brien, London: Hamish Hamilton, 1955
Capek, Karel, *The Makropulos Case,* in *Four Plays: R.U.R.; The Insect Play; The Makropulos Case; The White Plague,* London: Bloomsbury, 2014
Carlip, Steven, „Transient Observers and Variable Constants, or Repelling the Invasion of the Boltzmann’s Brains”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 06 (2007): 001
Carnot, Sadi, *Reflections on the Motive Power of Fire,* Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1960
Carroll, Noel, „The Arts, Emotion şi Evolution”, în *Aesthetics and the Sciences of Mind,* ed. Greg Currie, Matthew Kieran, Aaron Meskin şi Jon Robson. Oxford:

Oxford University Press, 2014
Carroll, Sean, *The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself,* New York: Dutton, 2016 *[Marele Tot,* trad. George Arion jr., Ed. Herald, Bucureşti, 2019]
Carter, B., „Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom”, *Physical Review Letters* 26 (1971): 331
Casals, Pablo, Bach Festival: Prades 1950, citat în Paul Elie. *Reinventing Bach,* New York: Farrar, Straus and Giroux, 2012
Cavosie, A.J., J.W. Valley şi S.A. Wilde, „The Oldest Terrestrial Mineral Record: Thirty Years of Research on Hadean Zircon from Jack Hills, Western Australia”, în *Earth's Oldest Rocks,* ed. M.J. Van Kranendonk, New York: Elsevier, 2018, 255-278
Ceresole, A., G. Dall’Agata, A. Giryavets *et aL,* „Domain walls, near-BPS bubbles, and probabilities in the landscape”, *Physical Review D* 74 (2006): 086010
Chalmers, David J., „Facing Up to the Problem of Consciousness”, *Journal of Consciousness Studies* 2, nr. 3 (1995): 200-219
, The Conscious Mind: În Search of a Fundamental Theory, Oxford: Oxford University
Press, 1997
Chandrasekhar, Subrahmanyan, „The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs”, *Astrophysical Journal* 74 (1931): 81-82
Cheney, Dorothy L. §i Robert M. Seyfarth, *How Monkeys See the World: Inside the Mind of Another Species,* Chicago:

University of Chicago Press, 1992
Cirkovic, Milan M., „Resource Letter: PEs-1: Physical Eschatology”, *American Journal of Physics* 71 (2003): 122
Cloak, F.T., Jr., „Cultural Microevolution”, *Research Previews* 13 (noiembrie 1966): 7-10
Clottes, Jean, *What Is Paleolithic Art? Cave Paintings and the Dawn of Human Creativity,* Chicago: University of Chicago Press, 2016
Coleman, Sidney, „Fate of the False Vacuum”, *Physical Review D* 15 (1977): 2929; erratum, *Physical Review D* 16 (1977): 1248.
Conrad, Joseph, *The Nigger of the „Narcissus”,* Mineola, NY: Dover Publications, Inc., 1999
Coqueugniot, Hélène *et al.,* „Earliest cranio-encephalic trauma from the Levantine Middle Palaeolithic: 3D reappraisal of the Qafzeh 11 skull, consequences of pediatric brain damage on individual life condition and social care”, *PloS One* 9 (23 iulie 2014): 7 el02822
Crick, F.H.C., Leslie Barnett, S. Brenner §i R.J. Watts-Tobin, „General nature of the genetic code for proteins”, *Nature* 192 (decembrie 1961): 1227-1232
Cronin, H., *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today,* Cambridge: Cambridge University Press, 1991
Crooks, G.E, „Entropy production fluctuation theorem and the nonequilibrium work relation for free

energy differences", *Physical Review E* 60 (1999): 2721
Damrosch, David, *The Buried Book: The Loss and Rediscovery of the Great Epic of Gilgamesh,* New York: Henry Holt and Company, 2007
Darwin, Charles, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex,* New York: D. Appleton and Company, 1871
, The Expression of the Emotions in Man and Animals, Oxford: Oxford University Press, 1998
, Scrisoare către Alfred Russel Wallace, 27 martie 1869, https://www.darwinproject.ac.uk/ letter/?docId=letters/DCP-LETT-6684.xml;query= child;brand=default
, The Origin of Species, New York: Pocket Books, 2008
Davies, Stephen, *The Artful Species: Aesthetics, Art, and Evolution,* Oxford: Oxford University Press, 2012
Dawkins, Richard, *The God Delusion,* New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2006 *[Dumnezeu, o amăgire,* trad. Victor Godeanu, Ed. Curtea Veche, Bucureşti, 2018]
, The Selfish Gene, Oxford: Oxford University Press, 1976 *[Gena egoistă,* trad. Dan Crăciun, Ed. Publica, Bucureşti, 2019]
De Caro, M. şi D. Macarthur, *Naturalism in Question,* Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004
Deamer, David, *Assembling Life: How Can Life Begin on Earth and Other Habitable*

Planets?, Oxford: Oxford University Press, 2018

Dehaene, Stanislas, *Consciousness and the Brain,* New York: Penguin Books, 2014

Dehaene, Stanislas şi Jean-Pierre Changeux, „Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing”, *Neuron* 70, nr. 2 (2011): 200-227

Dennett, Daniel, *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon,* New York: Penguin Books, 2006

, Consciousness Explained, Boston: Little, Brown and Co., 1991

, Elbow Room, Cambridge, MA: MIT Press, 1984

, Freedom Evolves, New York: Penguin Books, 2003

, The Intentional Stance, Cambridge, MA: MIT Press, 1989

Deutsch, David, *The Beginning of Infinity: Explanations That Transform the World,* New York: Viking, 2011

Deutscher, Guy, *The Unfolding of Language: An Evolutionary Tour of Mankind's Greatest Invention,* New York: Henry Holt and Company, 2005

Dickinson, Emily, *The Poems of Emily Dickinson,* ed. R.W. Franklin, Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1999

Dissanayake, Ellen, *Art and Intimacy: How the Arts Began,* Seattle: University of Washington Press, 2000

Distin, Kate, *The Selfish Meme: A Critical Reassessment,* Cambridge: Cambridge

University Press, 2005
Doniger, Wendy, trad. *The Rig Veda,* New York: Penguin Classics, 2005
Dor, Daniel, *The Instruction of Imagination,* Oxford: Oxford University Press, 2015
Dostoevsky, Fyodor, *Crime and Punishment,* trad. Michael R. Katz, New York: Liveright, 2017, [Dostoievski, Feodor Mihailovici, *Crimă şi pedeapsă,* trad. Adriana Liciu, Ed. Polirom, Bucureşti, 2011]
Dunbar, R.LM, „Gossip in Evolutionary Perspective”, *Review of General Psychology* 8, nr. 2 (2004): 100-110
, Grooming, Gossip, and the Evolution of Language, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1997
Dunbar, R.LM., N.D.C. Duncan şi A. Marriott, „Human Conversational Behavior”, *Human Nature* 8, nr. 3 (1997): 231-246
Dupre, John, „The Miracle of Monism”, în *Naturalism in Question,* ed. Mario de Caro şi David Macarthur, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004
Durant, Will, *The Life of Greece,* vol. 2 din *The Story of Civilization,* New York: Simon & Schuster, 2011. Kindle, 8181-8882
Dutton, Denis, *The Art Instinct,* New York: Bloomsbury Press, 2010
Dyson, Freeman, „Time without end: Physics and biology in an open universe”, *Reviews of Modern Physics* 51 (1979): 447-460
Dyson, L., M. Kleban şi L. Susskind, „Disturbing Implications of a Cosmological Constant”, *Journal of High Energy Physics*

0210 (2002): 011 Eddington, A., „The End of the World: From the Standpoint of Mathematical Physics”, *Nature* 127, nr. 3203 (1931): 447-453
Einstein, Albert, *Autobiographical Notes,* La Salle, IL: Open Court Publishing, 1979
Elgendi, Mohamed *et al.,* „Subliminal Priming-State of the Art and Future Perspectives”, *Behavioral Sciences* (Basel, Elveţia) 8, nr. 6 (30 mai 2018): 54
Ellenberger, Henri, *The Discovery of the Unconscious,* New York: Basic Books, 1970
Else, Jon, dir. *The Day After Trinity,* Houston: KETH, 1981
Emerson, Ralph Waldo, *The Conduct of Life,* Boston and New York: Houghton Mifflin Company, 1922 Emler, N., „The Truth About Gossip”, *Social Psychology Section Newsletter U* (1992): 23-37
England, J.L., „Statistical physics of self-replication”, *Journal of Chemical Physics* 139 (2013): 121923
Epicur, *The Essential Epicurus,* trad. Eugene O’Connor, Amherst, NY: Prometheus Books, 1993
Falk, Dean. *Finding Our Tongues: Mothers, Infants and the Origins of Language,* New York: Basic Books, 2009
, „Prelinguistic evolution in early hominins: Whence motherese?”, *Behavioral and Brain Sciences T7* (2004): 491-541
Fisher, R.A., *The Genetical Theory of Natural Selection,* Oxford: Clarendon Press, 1930

Fisher, Simon E., Faraneh Vargha-Khadem, Kate E. Watkins, Anthony P. Monaco §i Marcus E. Pembrey, „Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder”, *Nature Genetics* 18 (1998): 168-170

Fowler, R.H., „On Dense Matter”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 87,* nr. 2 (1926): 114-122

Freese, K. §i W. Kinney, „The ultimate fate of life in an accelerating universe”, *Physics Letters B* 558, nr. l-2 (10 aprilie 2003): l-8

Friedmann, Alexander, trad. Brian Doyle, „On the Curvature of Space”, *Zeitschrift filr Physik* 10 (1922): 377-386

Frijda, N., A.S.R. Manstead §i S. Bern, „The influence of emotions on belief”, in *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts* (Studies in Emotion and Social Interaction), ed. N. Frijda, A. Manstead §i S. Bern, Cambridge: Cambridge University Press, 2000, l-9

Frijda, N. §i B. Mesquita, „Beliefs through emotions”, in *Emotions and Beliefs: How Feelings Influence Thoughts (Studies in Emotion and Social Interaction),* ed. N. Frijda, A. Manstead §i S. Bern. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 45-77

Fu, Wenqing, Timothy D. O’Connor, Goo Jun *et al.,* „Analysis of 6,515 exomes reveals the recent origin of most human protein-coding variants”, *Nature* 493 (10 ianuarie 2013): 216-220

Garriga, Jaume §i Alexander Vilenkin, „Many

Worlds in One”, *Physical Review D* 64, nr. 4 (2001): 043511
Garriga, J., V.F. Mukhanov, K.D. Olum §i A. Vilenkin, „Eternal Inflation, Black Holes, and the Future of Civilizations”, *International Journal of Theoretical Physics* 39, nr. 7 (2000): 1887-1900
George, Andrew, trad., *The Epic of Gilgamesh: The Babylonian Epic Poem and Other Texts in Akkadian and Sumerian,* London: Penguin Classics, 2003
Georgi, Howard §i Sheldon Glashow, „Unity of All Elementary-Particle Forces”, *Physical Review Letters* 32, nr. 8 (1974): 438
Gottschall, Jonathan, *The Storytelling Animal,* Boston and New York: Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, 2013
Gould, Stephen J., *Conversations About the End of Time,* New York: Fromm International, 1999
, „The spice of life”, *Leader to Leader* 15 (2000): 14-19
, *The Richness of Life: The Essential Stephen Jay Gould,* New York: W.W. Norton, 2006
Gould, S.J. şi R.C. Lewontin, „The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme”, *Proceedings of the Royal Society* B, 205, nr. 1161 (21 septembrie 1979): 581-598
Graziano, M., *Consciousness and the Social Brain,* New York: Oxford University Press, 2013
Greene, Brian, *The Elegant Universe,* New

York: Vintage, 2000. *[Universul elegant: supercorzi, dimensiuni ascunse şi căutarea teoriei ultime,* trad. Dragoş Anghel şi Anamirela-Paula Anghel, Humanitás, Bucureşti, 2008]
, The Fabric of the Cosmos, New York: Alfred A. Knopf, 2005
, The Hidden Reality, New York: Alfred A. Knopf, 2011
Greene, Ellen, „Sappho 58: Philosophical Reflections on Death and Aging", în *The New Sappho on Old Age: Textual and Philosophical Issues,* ed. Ellen Greene şi Marilyn B. Skinner, Hellenic Studies Series 38. Washington, DC: Center for Hellenic Studies, 2009. https://chs.harvard.edu/CHS/article/display/6036 .ll-ellen-greene-sappho-58-philosophical- reflections-on-death- and-aging #n.l
Greene, Ellen, ed., *Reading Sappho: Contemporary Approaches,* Berkeley: University of California Press, 1996
Guenther, Mathias Georg. *Tricksters and Trancers: Bushman Religion and Society.* Bloomington, IN: Indiana University Press, 1999
Guth, Alan H., „Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems", *Physical Review D* 23 (1981): 347
, The Inflationary Universe, New York: Basic Books, 1998
Guthrie, Stewart, *Faces in the Clouds: A New Theory of Religion,* New York: Oxford University Press, 1993

Haidt, Jonathan, „The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment”, *Psychological Review* 108, nr. 4 (2001): 814-834

, The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion, New York: Pantheon Books, 2012

Haldane, J.B.S., *The Causes of Evolution,* London: Longmans, Green & Co., 1932

Halligan, Peter şi John Marshall, „Blindsight and insight in visuo-spatial neglect”, *Nature* 336, nr. 6201 (decembrie 22-29, 1988): 766-767

Hameroff, S. şi R. Penrose, „Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory”, *Physics of Life Reviews* 11 (2014): 39-78

Hamilton, W.D., „The Genetical Evolution of Social Behaviour”, *Journal of Theoretical Biology* 7, nr. 1 (1964): l-16

Harburg, Yip, „E.Y. Harburg, Lecture at UCLA on Lyric Writing, February 3, 1977”, transcriere, pp. 5-7, banda 7-3-10

, „Yip at the 92nd Street YM-YWHA, December 13, 1970”, transcriere #1-10-3, p. 3, benzile 7-2-10 şi 7-2-20

Hawking, S.W., „Particle Creation by Black Holes”, *Communications in Mathematical Physics* 43 (1975): 199-220

Hawking, Stephen şi Leonard Mlodinow, *The Grand Design,* New York: Bantam Books, 2010 *[Marele plan,* trad. Anca Vişinescu şi Mihai Vişinescu, Humanitás, Bucureşti, 2010]

Hawks, John, Eric T. Wang, Gregoiy M.

Cochran *et al.,* „Recent acceleration of human adaptive evolution”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, nr. 52 (decembrie 2007): 20753- 58

Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science,* London: Penguin Books, 1958

Hirshfield, Jane, *Nine Gates: Entering the Mind of Poetry,* New York: Harper Perennial, 1998 Hogan, Patrick Cohn, *The Mind and Its Stories,* Cambridge: Cambridge University Press, 2003

Hrdy, Sarah, *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding,* Cambridge, MA: Belknap Press, 2009

Hulse, R.A. §i J.H. Taylor, „Discovery of a pulsar in a binary system”, *Astrophysical Journal* 195 (1975): L51

Ijjas, Anna §i Paul Steinhardt, „A New Kind of Cyclic Universe” (2019), arXiv:1904.0822[gr-qc]

Islam, Jamal N., „Possible Ultimate Fate of the Universe”, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 18 (martie 1977): 3-8

Israel, W., „Event Horizons in Static Electrovac Space-Times”, *Communications in Mathematical Physics* 8 (1968): 245

, „Event Horizons in Static Vacuum Space-Times”, *Physical Review* 164 (1967): 1776

Jackson, Frank, „Epiphenomenal Qualia”, *Philosophical Quarterly* 32 (1982): 127-136.

, „Postscript on Qualia”, in *Mind, Method,*

and Conditionals: Selected Essays, London: Routledge, 1998, 76-79

James, William, *The Varieties of Religious Experience: A Study in Human Nature,* New York: Longmans, Green, and Co., 1905. *[Tipurile experienţei religioase,* trad. Mihaiela Cabulea, Ed. Dacia, Cluj, 1998]

Jarzynski, C., „Nonequilibrium equality for free energy differences", *Physical Review Letters* 78 (1997): 2690-2693

Jaspers, Karl, *The Origin and Goal of History,* Abingdon, UK: Routledge, 2010

Jeong, Choongwon şi Anna Di Rienzo, „Adaptations to local environments in modern human populations", *Current Opinion in Genetics & Development* 29 (2014): l-8

Jones, Barbara E., „The mysteries of sleep and waking unveiled by Michel Jouvet", *Sleep Medicine* 49 (2018): 14-19

Joordens, Josephine C.A. *et aL, „Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving", *Nature* 518 (12 februarie 2015): 228-231

Jorgensen, Timmi G. şi Ross P. Church, „Stellar escapers from M67 can reach solar-like Galactic orbits", arxiv .org: arXiv: 1905.09586

Joyce, G. F. şi J.W. Szostak, „Protocells and RNA Self-Replication", *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 10, nr. 9 (2018)

Jung, Carl, „The Soul and Death", în *Complete Works of* C. G. *Jung,* ed. Gerald Adler şi R.F.C. Hull, Princeton: Princeton

University Press, 1983
Kachman, Tai, Jeremy A. Owen şi Jeremy L. England, „ Self-Organized Resonance During Search of a Diverse Chemical Space”, *Physical Review Letters* 119, nr. 3 (2017): 038001-1
Kafka, Franz, *The Blue Octavo Notebooks,* trad. Ernst Kaiser şi Eithne Wilkens, ed. Max Brod, Cambridge, MA: Exact Change, 1991
Keller, Helen, Scrisoare către New York Symphony Orchestra, 2 februarie 1924, Digital archives of American Foundation for the Blind, filename HK01-07_B114_F08_015_002.tif
Kennedy, J. Gerald, *Poe, Death, and the Life of Writing,* New Haven: Yale University Press, 1987 Kierkegaard, Soren, *The Concept of Dread,* trad.
Walter Lowrie, Princeton: Princeton University Press, 1957
Kitcher, P., „Between Fragile Altruism and Morality: Evolution and the Emergence of Normative Guidance”, *Evolutionary Ethics and Contemporary Biology* (2006): 159-177
, „Biology and Ethics”, in *The Oxford Handbook of Ethical Theory,* Oxford: Oxford University Press, 2006
Klinkhamer, F R. §i N.S. Manton, „A saddle-point solution in the Weinberg-Salam theory”, *Physical Review D* 30 (1984): 2212
Koch, Christof, *Consciousness: Confessions of a Romantic Reductionist,* Cambridge, MA: MIT Press, 2012

Kragh, Helge, „Naming the Big Bang”, *Historical Studies in the Natural Sciences* 44, nr. 1 (februarie 2014): 3-36
Krause, Johannes, Carles Lalueza-Fox, Ludovic Orlando *et al.,* „The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals”, *Current Biology 17* (2007): 1908-1912
Krauss, Lawrence M. §i Glenn D. Starkman, „Life, the Universe, and Nothing: Life and Death in an Ever-Expanding Universe”, *Astrophysical Journal* 531 (2000): 22-30
Krutch, Joseph Wood, „Art, Magic, and Eternity”, *Virginia Quarterly Review* 8, nr. 4 (toamna 1932)
Lai, C.S.L. *et al.,* „A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder”, *Nature* 413 (2001): 519-523
Landon, H.C. Robbins, *Beethoven: A Documentary Study,* New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1970
Laurent, John, „A Note on the Origin of ‘Memes7‘Mnemes’”, *Journal of Memetics* 3 (1999): 14-19
Lemaître, Georges, „Rencontres avec Einstein”, *Revue des questions scientifiques* 129 (1958): 129-132
Leonard, Scott §i Michael McClure. *Myth and Knowing,* New York: McGraw-Hill Higher Education, 2004
Lewis, David, *Papers in Metaphysics and Epistemology,* vol. 2, Cambridge: Cambridge University Press, 1999
, „What Experience Teaches”, *Proceedings of the Russellian Society* 13

(1988): 29-57
Lewis, S.M. §i C.K. Cratsley, „Flash signal evolution, mate choice, and predation in fireflies”, *Annual Review of Entomology* 53 (2008): 293-321
Lewis-Williams, David, *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art,* New York: Thames & Hudson, 2002
Linde, A., „A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems”, *Physics Letters B* 108 (1982): 389
, „Sinks in the Landscape, Boltzmann Brains, and the Cosmological Constant Problem”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 0701 (2007):* 022.
Loeb, Abraham, „Cosmology with hypervelocity stars”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 04 (2011): 023
Loewi, Otto, „An Autobiographical Sketch”, *Perspectives in Biology and Medicine* 4, nr. 1 (toamna 1960): 3-25
Louie, Kenway §i Matthew A. Wilson, „Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity during Rapid Eye Movement Sleep”, *Neuron* 29 (2001): 145-156
Mackay, Alan Lindsay, *The Harvest of a Quiet Eye: A Selection of Scientific Quotations,* Bristol: Institute of Physics, 1977
Maddox, Brenda, *Rosalind Franklin: The Dark Lady ofDNA,* New York: Harper Perennial, 2003
Marcel, Anthony J., „Conscious and

Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition”, *Cognitive Psychology* 15 (1983): 197-237
Martin, W. §i MJ. Russell, „On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367 (2007): 1887-1925
Matthaei, J. Heinrich, Oliver W. Jones, Robert G. Martin §i Marshall W. Nirenberg, „Characteristics and Composition of RNA Coding Units”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, nr. 4 (1962): 666-677
Melville, Herman, *Moby-Dick,* Hertfordshire, U.K.: Wordsworth Classics, 1993
Mendez, Fernando L. *et al.,* „The Divergence of Neandertal and Modern Human Y Chromosomes”, *American Journal of Human Genetics* 98, nr. 4 (2016): 728-734
Miller, Geoffrey, *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature,* New York: Anchor, 2000
Mitchell, P., „Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi- osmotic type of mechanism”, *Nature* 191 (1961): 144-148
Morrison, Toni, conferinţă Nobel, 7 decembrie 1993. https:// www .nobelprize .org/ prizes/ literature/1993/ morrison/ lecture/
Muller, Max, trad., *The Upanishads,* Oxford: The Clarendon Press, 1879
Nabokov, Vladimir, *Speak, Memory: An Autobiography Revisited,* New York: Alfred A. Knopf, 1999

Naccache, L. şi S. Dehaene, „The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes”, *Cerebral Cortex* 11, nr. 10 (2001): 966-974

, „Unconscious Semantic Priming Extends to Novel Unseen Stimuli”, *Cognition* 80, nr. 3 (2001): 215-229

Nagel, Thomas, *Mortal Questions,* Cambridge: Cambridge University Press, 1979

, „What Is It Like to Be a Bat?”, *Philosophical Review* 83, nr. 4 (1974): 435-450

Nelson, Philip, *Biological Physics: Energy, Information, Life,* New York: W.H. Freeman and Co., 2014

Nemirow, Laurence, „Physicalism and the cognitive role of acquaintance”, în *Mind and Cognition,* ed. W. Lycan. Oxford: Blackwell, 1990, 490-499

, „Review of Nagel’s Mortal Questions”, *Philosophical Review* 89 (1980): 473-477

Newton, Isaac, Scrisoare către Henry Oldenburg, 6 februarie 1671, http://www.newtonproject.ox.ac.uk/view/texts/normalized/NAT

Nietzsche, Friedrich, *Twilight of the Idols,* trad. Duncan Large, Oxford: Oxford University Press, 1998

Norenzayan, A. şi LG. Hansen, „Belief in supernatural agents in the face of death”, *Personality and Social Psychology Bulletin* 32 (2006): 174-187

Nowak, M.A., C.E. Tarnita §i E.O. Wilson, „The evolution of eusociality”, *Nature* 466, nr. 7310 (2010): 1057-1062

Nozick, Robert, *Philosophical Explanations,* Cambridge, MA: Belknap Press, 1983

, „Philosophy and the Meaning of Life”, in *Life, Death, and Meaning: Key Philosophical Readings on the Big Questions,* ed. David Benatar, Lanham, MD: The Rowman & Littlefield Publishing Group, 2010, 65-92

Nussbaumer, Harry, „Einstein’s conversion from his static to an expanding universe”, *European Physics Journal—History* 39 (2014): 37-62

Oates, Joyce Carol, „Literature as Pleasure, Pleasure as Literature”, *Narrative,* https://www .narrativemagazine.com/issues/stories-week- 2015-2016/story-week/literature-pleasure- pleasure-literature-joyce-carol-oates

Oatley, K., „Why fiction may be twice as true as fact”, *Review of General Psychology* 3 (1999): 101-117

Oizumi, Masafumi, Larissa Albantakis §i Giulio Tononi, „From the Phenomenology to the Mechanisms of Consciousness: Integrated Information Theory 3.0”, *PLoS Computational Biology* 10, nr. 5 (mai 2014)

Page, Don N., „Is our universe decaying at an astronomical rate?”, *Physics Letters B* 669 P000Q2008): 197-200.

, „The Lifetime of the Universe”, *Journal of the Korean Physical Society* 49 (2006): 711-714
, „Particle emission rates from a black hole: Massless particles from an uncharged, nonrotating hole”, *Physical Review D* 13, nr. 2 (1976): 198-206.
Page, Tim, ed. *The Glenn Gould Reader,* New York: Vintage, 1984
Parker, Eric, Henderson J. Cleaves, Jason P. Dworkin *et al.,* „Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H2S-rich spark discharge experiment”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, nr. 14 (aprilie 2011): 5526-5531
Perlmutter, Saul *et aL,* „Measurements of Q and A from 42 High-Redshift Supernovae”, *Astrophysical Journal* 517, nr. 2 (1999): 565
Perunov, Nikolay, Robert A. Marsland §i Jeremy L. England, „Statistical Physics of Adaptation”, *Physical Review X* (June 2016): 021036-1
Pichardo, Bárbara, Edmundo Moreno, Christine Allen *et aL,* „The Sun was not born in M67”, *The Astronomical Journal* 143, nr. 3 (2012): 73-84
Pinker, Steven, *How the Mind Works,* New York: W.W. Norton, 1997
, „Language as an adaptation to the cognitive niche”, in *Language Evolution: States of the Art,* ed. S. Kirby §i M. Christiansen. New York: Oxford University Press, 2003
, *The Language Instinct,* New York: W.

Morrow and Co., 1994
Pinker, S. §i P. Bloom, „Natural language and natural selection”, *Behavioral and Brain Sciences* 13, nr. 4 (1990): 707-784
Plath, Sylvia, *The Collected Poems,* ed. Ted Hughes, New York: Harper Perennial, 1992
Prebble, John §i Bruce Weber, *Wandering in the Gardens of the Mind: Peter Mitchell and the Making of Glynn,* Oxford: Oxford University Press, 2003
Premack, David §i Guy Woodruff, „Does the chimpanzee have a theory of mind?”, *Cognition and Consciousness in Nonhuman Species,* special issue of *Behavioral and Brain Sciences* 1, nr. 4 (1978): 515-526
Proust, Marcel, *Remembrance of Things Past,* vol. 3: *The Captive, The Fugitive, Time Regained,* New York: Vintage, 1982
Prum, Richard, *The Evolution of Beauty: How Darwin* Js *Forgotten Theory on Mate Choice Shapes the Animal World and Us,* New York: Doubleday, 2017
Pyszczynski, Tom, Sheldon Solomon §i Jeff Greenberg, „Thirty Years of Terror Management Theory”, *Advances in Experimental Social Psychology* 52 (2015): l-70
Rank, Otto, *Art and Artist: Creative Urge and Personality Development,* trad. Charles Francis Atkinson, New York: Alfred A. Knopf, 1932
, Psychology and the Soul, trad. William D. Turner, Philadelphia: University of

Pennsylvania Press, 1950
Rees, M.J., „The collapse of the universe: An eschatological study”, *Observatory* 89 (1969): 193-198
Reinach, Salomon, *Cults, Myths and Religions.* Trad. Elizabeth Frost, London: David Nutt, 1912
Revonsuo, Antti, Jarno Tuominen §i Katja Valli, „The Avatars in the Machine: Dreaming as a Simulation of Social Reality”, *Open MIND* (2015): l-28
Rodd, F. Helen, Kimberly A. Hughes, Gregory F. Grether §i Colette T Baril, „A possible non- sexual origin of mate preference: Are male guppies mimicking fruit?”, *Proceedings of the Royal Society B* 269 (2002): 475-481
Roney, James R., „Likeable but Unlikely, a Review of the Mating Mind by Geoffrey Miller”, *Psycoloquy* 13, nr. 10 (2002): article 5
Rosenblatt, Abram, Jeff Greenberg, Sheldon Solomon *et al.,* „Evidence for Terror Management Theory I: The Effects of Mortality Salience on Reactions to Those Who Violate or Uphold Cultural Values”, *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (1989): 681-690
Rowland, Peter, *Bowerbirds,* Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 2008
Russell, Bertrand, *Why I Am Not a Christian,* New York: Simon and Schuster, 1957 *[De ce nu sunt creştin,* trad. Mihaela lacob, Ed. Minerva, Bucureşti, 1980]

, *Human Knowledge,* New York: Routledge, 2009
Ryan, Michael, A *Taste for the Beautiful,* Princeton: Princeton University Press, 2018
Sackmann L-J., A.L Boothroyd şi K.E. Kraemer, „Our Sun. III. Present and Future”, *Astrophysical Journal* 418 (1993): 457
Sartre, Jean-Paul, *The Wall and Other Stories,* trad. Lloyd Alexander, New York: New Directions Publishing, 1975 *[Zidul,* trad. Sanda Oprescu, Ed. RAO, Bucureşti, 2014]
Scarpelli, Serena, Chiara Bartolacci, Aurora D’Atri *et al.,* „The Functional Role of Dreaming in Emotional Processes”, *Frontiers in Psychology* 10 (martie 2019): 459
Scheffler, Samuel, *Death and the Afterlife,* New York: Oxford University Press, 2016
Schmidt, B.P. *et al.,* „The High-Z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe Using Type IA Supernovae”, *Astrophysical Journal* 507 (1998):
46
Schrodinger, Erwin, *What Is Life?,* Cambridge: Cambridge University Press, 2012 [Ce *este viaţa?* şi *Spirit şi materie,* trad, de V. Efimov, Ed. Politică, Bucureşti, 1980]
Schroder, Klaus-Peter şi Robert C. Smith, „Distant future of the Sun and Earth

revisited”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, nr. 1 (2008): 155-163

Schvaneveldt, R.W., D.E. Meyer şi C.A. Becker, „Lexical ambiguity, semantic context, and visual word recognition”, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 2,* nr. 2 (1976): 243-256

Schwartz, Joel S., „Darwin, Wallace, and the *Descent of Man”, Journal of the History of Biology* 17, nr. 2 (1984): 271-289

Shakespeare, William, *Measure for Measure,* ed. J.M. Nosworthy. London: Penguin Books, 1995

Shaw, George Bernard, *Back to Methuselah,* Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012

Sheff, David, „Keith Haring, An Intimate Conversation”, *Rolling Stone* 589 (August 1989): 47

Shermer, Michael, *The Believing Brain: From Ghosts and Gods to Politics and Conspiracies,* New York: St. Martin’s Griffin, 2011

Silver, David, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser *et al.,* „A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play”, *Science* 362 (2018): 1140-1144

Smuts, Aaron, „Immortality and Significance”, *Philosophy and Literature*

35, nr. 1 (2011): 134- 149
Solomon, Sheldon, Jeff Greenberg §i Tom Pyszczynski, „Tales from the Crypt: On the Role of Death in Life”, *Zygon* 33, nr. 1 (1998): 9-43 , *The Worm at the Core: On the Role of*
Death in Life, New York: Random House Publishing Group, 2015
Sosis, R., „Religion and intra-group cooperation: Preliminary results of a comparative analysis of utopian communities”, *Cross-Cultural Research* 34 (2000): 70-87
Sosis, R. §i C. Alcorta, „Signaling, solidarity, and the sacred: The evolution of religious behavior”, *Evolutionary Anthropology* 12 (2003): 264-274
Spengler, Oswald, *Decline of the West,* New York: Alfred A. Knopf, 1986
Sperber, Dan, *Explaining Culture: A Naturalistic Approach,* Oxford: Blackwell Publishers Ltd., 1996
, *Rethinking Symbolism,* Cambridge: Cambridge University Press, 1975
Stapledon, Olaf, *Star Maker,* Mineola, NY: Dover Publications, 2008
Steinhardt, Paul J. §i Neil Turok, „The cyclic model simplified”, *New Astronomy Reviews* 49 (2005): 43-57
Sterelny, Kim, *The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique,* Cambridge, MA: MIT Press, 2012
Stroud, Barry, „The Charm of Naturalism”, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association* 70, nr. 2 (noiembrie 1996)

Stulp, G., L. Barrett, F.C. Tropf §i M. Mills, „Does natural selection favour taller stature among the tallest people on earth?”, *Proceedings of the Royal Society B* 282: 20150211
Susskind, Leonard, *The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics,* New York: Little, Brown and Co., 2008
Swift, Jonathan, *Gulliver's Travels,* New York: W.W. Norton, 1997
Szent-Gyorgyi, Albert, „Biology and Pathology of Water”, *Perspectives in Biology and Medicine* 14, nr. 2 (1971): 239-249
’t Hooft, G., „Computation of the quantum effects due to a four-dimensional pseudoparticle”, *Physical Review D* 14 (1976): 3432
Thoreau, Henry David, *The Journal 1837-1861,* New York: New York Review Books Classics, 2009
Time 41, nr. 14 (5 aprilie, 1943): 42
Tolman, Richard C., „On the problem of the entropy of the universe as a whole”, *Physical Review* 37 (1931): 1639-1660
, „On the theoretical requirements for a periodic behavior of the universe”, *Physical Review* 38 (1931): 1758-1771
Tomasello, Michael, „Universal Grammar Is Dead”, *Behavioral and Brain Sciences* 32, nr. 5 (octombrie 2009): 470-471
Tononi, Giulio, *Phi: A Voyage from the Brain to the Soul,* New York: Pantheon, 2012

Tooby, John §i Leda Cosmides, „Does Beauty Build Adapted Minds? Toward an Evolutionary Theory of Aesthetics, Fiction and the Arts”, *Substance* 30, nr. 1/2, issue 94/95 (2001): 6-27
, „The Psychological Foundations of Culture”, in *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture,* ed. Jerome H. Barkow, Leda Cosmides §i John Tooby, Oxford: Oxford University Press, 1992, 19-136
Tremlin, Todd, *Minds and Gods: The Cognitive Foundations of Religion,* Oxford: Oxford University Press, 2006
Trinkaus, Erik, Alexandra Buzhilova, Maria Mednikova §i Maria Dobrovolskaya, *The People of Sunghir: Burials, Bodies and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic,* New York: Oxford University Press, 2014
Trivers, Robert, „Parental Investment and Sexual Selection”, in *Sexual Selection and the Descent of Man: The Darwinian Pivot,* ed. Bernard G. Campbell, Chicago: Aldine Publishing Company, 1972
Tylor, Edward Burnett, *Primitive Culture,* vol. 2. London: John Murray, 1873; Dover Reprint Edition, 2016, 24
Ucko, Peter J. §i Andrée Rosenfeld, *Paleolithic Cave Art.* New York: McGraw-Hill, 1967, 117- 123,165-174
Valley, John W., William H. Peck, Elizabeth M. King §i Simon A. Wilde, „A Cool Early Earth”, *Geology* 30 (2002):

351-354
Vilenkin, A., „Predictions from Quantum Cosmology”, *Physical Review Letters* 74 (1995): 846
Vilenkin, Alex, *Many Worlds in One,* New York: Hill and Wang, 2006
Wagoner, R.V, „Test for the existence of gravitational radiation”, *Astrophysical Journal* 196 (1975): L63
Wallace, Alfred Russel, *Natural Selection and Tropical Nature,* London: Macmillan and Co., 1891
, „Sir Charles Lyell on geological climates and the origin of species”, *Quarterly Review* 126 (1869): 359-394
Watson, J.D. §i F.H.C. Crick, „Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid”, *Nature 171* (1953): 737-738
Webb, Taylor §i M. Graziano, „The attention schema theory: A mechanistic account of subjective awareness”, *Frontiers in Psychology* 6 (2015): 500
Wertheimer, Max, *Productive Thinking,* New York: Harper and Brothers, 1959
Wheeler, John Archibald §i Wojciech Zurek, *Quantum Theory and Measurement,* Princeton: Princeton University Press, 1983
Whitehead, Alfred North, *Science and the Modern World,* New York: The Free Press, 1953
Wigner, Eugene, *Symmetries and Reflections,* Cambridge, MA: MIT Press, 1970

Wilkins, Maurice, *The Third Man of the Double Helix,* Oxford: Oxford University Press, 2003
Williams, Bernard, *Problems of the Self,* Cambridge: Cambridge University Press, 1973
Williams, Tennessee, *Cat on a Hot Tin Roof,* New York: New American Library, 1955
Wilson, David Sloan, *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society,* Chicago: University of Chicago Press, 2002
, *Does Altruism Exist? Culture, Genes and the Welfare of Others,* New Haven: Yale University Press, 2015
Wilson, E.O.. *Sociobiology: The New Synthesis,* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975
Wilson, K.G., „Critical phenomena in 3.99 dimensions”, *Physica* 73 (1974): 119.
Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus Logico-Philosophicus,* New York: Harcourt, Brace & Company, 1922
Witzel, Michael, *The Origins of the World's Mythologies,* New York: Oxford University Press, 2012
Woosley, S.E., A. Heger §i T.A. Weaver, „The evolution and explosion of massive stars”, *Reviews of Modern Physics* 74 (2002): 1015- 1071
Wrangha, Richard, *Catching Fire: How Cooking Made Us Human,* New York: Basic Books, 2009
Yeats, W.B., *Collected Poems,* New York: Macmillan Collector’s Library Books,

2016
Yourcenar, Marguerite, *Oriental Tales,* New York: Farrar, Straus and Giroux, 1985
Zahavi, Amotz, „Mate selection—a selection for a handicap”, *Journal of Theoretical Biology* 53, nr. 1 (1975): 205-214
Zuckerman, M., „Sensation seeking: A comparative approach to a human trait”, *Behavioral and Brain Sciences* 7 (1984): 413-471
Zunshine, Lisa, *Why We Read Fiction: Theory of Mind and the Novel,* Columbus: Ohio State University Press, 2006